81 Știința pentru toți

An. N. NESMEIANOV

# ATOMII MARCAȚI

CARTEA RUSĂ

Scanned with OKEN Scanner

Ан. Н. НЕСМЕЯНОВ

# МЕЧЕНЫЕ АТОМЫ

Государственное издательство
технико-теоретической литературы
Москва — Ленинград
1951

Scanned with OKEN Scanner

An. N. NESMEIANOV

# ATOMII MARCAȚI

*Traducere din limba rusă*

1953

EDITURA A. R. L. U. S. - CARTEA RUSĂ

Scanned with OKEN Scanner

# INTRODUCERE

Toate obiectele care ne înconjoară sunt alcătuite dintr'o substanță sau din alta. Materia nu este continuă. Ea poate fi împărțită în părticele foarte mici — moleculele. Moleculele la rândul lor se compun din părticele și mai mici — atomii.

Atomii și moleculele sunt în continuă mișcare. Toate procesele din jurul nostru, de exemplu asimilarea hranei de către animale, absorpția sucurilor hrănitoare de către plante, obținerea metalelor, zahărului, alcoolului, vopselelor și altor substanțe, răspândirea mirosului, etc. sunt legate de mișcarea atomilor și a moleculelor. Această mișcare nu poate fi urmărită nici chiar cu cele mai perfecționate instrumente optice de mărire.

Demult visau savanții să aibă posibilitatea de a „marca" atomii, așa cum marchează oamenii păsările călătoare asupra cărora vor să facă observații. În prezent, acest vis s'a realizat. Vom descrie aici cum s'a reușit să se facă acest lucru și ce cercetări intere-



Scanned with OKEN Scanner

sante se fac cu atomii marcaţi ; cum se află drumul după care se mişcă moleculele în organismele animalelor şi plantelor ; cum se determină vârsta rocilor şi aşezărilor străvechi ; cum se studiază aliajele, etc.

Inainte de a vorbi despre acestea, să amintim cum sunt constituiţi atomii şi care sunt transformările pe care le pot suferi.

# I. ATOMUL

## 1. IN LUMEA MĂRIMILOR MICI

Azi se cunosc circa o sută de elemente chimice diferite. Atomii diferitelor elemente se deosebesc între ei, în primul rând, prin greutatea lor. Greutăţile atomilor sunt extrem de mici. Un gram de sulf, de exemplu, conţine circa 20.000.000.000.000.000.000.000 atomi [1]) şi fiecare atom de sulf cântăreşte aproximativ 0,000.000.000.000.000.000.000.05 grame. Un atom de hidrogen — elementul cel mai uşor — cântăreşte de 32 ori mai puţin, iar un atom de uraniu — unul din elementele cele mai grele — cântăreşte de 7,5 ori mai mult. Moleculele au şi ele o greutate mică, căci se compun dintr'un număr mic de atomi. Chiar şi moleculele gigantice ale anumitor substanţe albuminoide, care sunt de 16.000 ori mai grele decât un atom de hidrogen, cântăresc numai 0,000.000.000.000.000.000.027 grame.

Cele mai mici cantităţi de substanţă conţin un nu-

---

1) Acest număr poate fi scris în felul următor: $2 . 10^{22}$, adică 2, înmulţit de 22 ori cu 10 ; 0,002 este egal cu $2 . 10^{-3}$, adică 2, împărţit la 10 . 10 . 10 = 1000. (N. red. ruse.)



Scanned with OKEN Scanner

măr enorm de atomi. Pentru a ne putea imagina aceste numere, vom da o serie de exemple. Un kilogram de apă conţine atâtea molecule câte greutăţi de un kilogram trebuesc puse pe platanul unei balanţe pentru a echilibra globul pământesc (fig. 1). Dacă din coşul unei locomotive ar zbura 1 gram de funingine şi s'ar aşterne uniform pe suprafaţa globului pământesc, atunci pe fiecare $cm^2$ de suprafaţă s'ar găsi 10.000 de atomi de carbon, din care se compune funinginea.

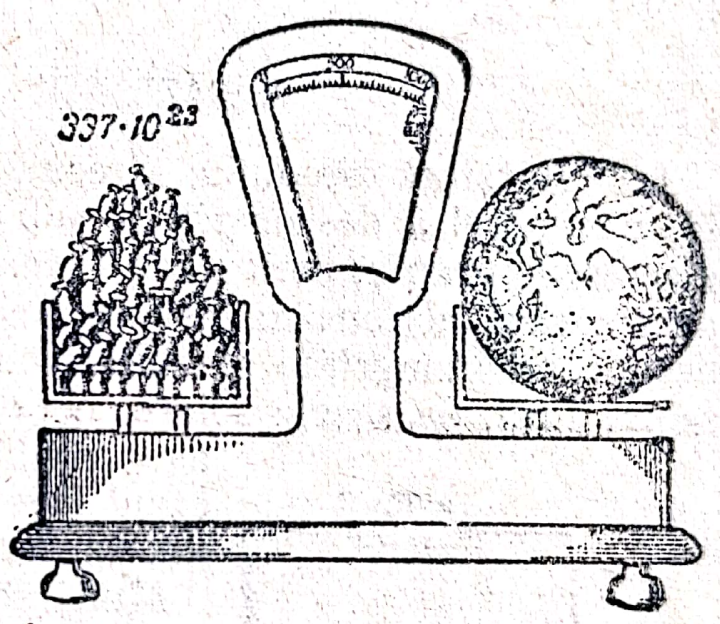


Fig. 1. Un kilogram de apă conţine atâtea molecule, câte greutăţi de câte un kilogram trebuiesc puse pe platanul unei balanţe pentru a echilibra globul pământesc.

Dimensiunile atomilor şi moleculelor sunt, bineînţeles, extrem de mici. Deobicei diametrele atomilor şi moleculelor se exprimă în unităţi numite *angströmi*. Un angström este a suta milioana parte dintr'un centimetru.

Dacă am înşira atomi de sulf pe o linie, atunci într'un centimetru ar încăpea 100 milioane de atomi, deoarece diametrul unui atom de sulf este aproximativ egal cu un angström.

Nu este comod să calculezi cu mărimi atât de mici, ca cele care exprimă greutăţile adevărate, absolute, ale atomilor; deaceea se foloseşte deobicei sistemul aşa numitelor greutăţi atomice relative. In acest sistem greutatea tuturor atomilor se exprimă în funcţie de



Scanned with OKEN Scanner

greutatea atomului de oxigen. In mod convențional se consideră greutatea atomului de oxigen egală cu 16 unități atomice. Atomul de sulf este de două ori mai greu decât atomul de oxigen, deci greutatea atomică a sulfului este 32. Greutatea atomică a carbonului este 12, a uraniului 238, a hidrogenului — aproximativ 1.

## 2. RAZE NOI

La sfârșitul secolului trecut, fizicianul francez H. Becquerel a descoperit că substanțele, care conțin elementul uraniu, emit niște raze. Ca și razele solare aceste raze acționează asupra unei plăci fotografice, provocând înnegrirea stratului fotosensibil. Spre deosebire însă, de razele solare, noile radiații acționează asupra plăcii fotografice și în cazul când aceasta este învelită în hârtie neagră.

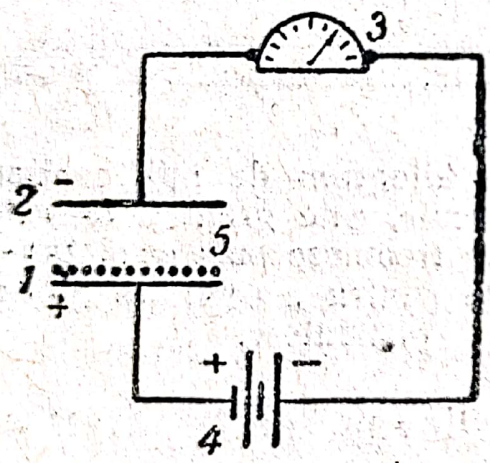


Fig. 2. Schema aparatului lui Pierre Curie pentru detectarea razelor Becquerel. 1 și 2 — plăci metalice; 3 — galvanometru; 4 — sursă de curent; 5 — substanța de cercetat.

Mulți savanți s'au ocupat cu studiul razelor descoperite de Becquerel. Lucrările cele mai rodnice au fost ale Mariei Skladowska-Curie și ale soțului ei Pierre Curie. La început ei au găsit că razele descoperite de Becquerel sunt emise numai de substanțele care conțin uraniu sau toriu. Pentru detectarea acestor raze, Pierre Curie a construit un aparat special (fig. 2). Funcționarea aparatului se bazează pe faptul că razele lui Becquerel fac ca aerul să devină bun conducător de electricitate. Placa metalică 1 se leagă de polul



Scanned with OKEN Scanner

pozitiv al unei baterii electrice, iar placa 2 de polul negativ. Dacă pe placa 1 se așează o substanță emițătoare de raze, aerul devine bun conducător de electricitate, circuitul se închide și acul galvanometrului (3) deviază. Cu cât substanța emite raze mai multe, cu cât radiația este deci mai intensă, cu atât acul galvanometrului deviază mai mult.

Marie Curie a stabilit că intensitatea radiației este cu atât mai mare cu cât substanța conține mai mult uraniu. Curând însă, se văzu că un minereu de uraniu, așa numita *pechblendă,* dădea o radiație de câteva ori mai intensă decât uraniul pur, cu toate că pechblenda conținea numai câteva procente de uraniu. Acest fapt pleda pentru existența în pechblendă a unei substanțe care emite o radiație de câteva ori mai intensă decât cea a uraniului.

Marie și Pierre Curie s'au ocupat cu cercetarea acestei substanțe necunoscute. După doi ani de muncă ei au reușit să descopere în minereul de uraniu două tipuri noi de atomi, două elemente noi — radiul și poloniul. Poloniul a fost numit astfel în cinstea patriei Mariei Curie, iar radiul — datorită radiației sale (*radius* înseamnă în limba latină — rază). Însăși radiația fu numită *radioactivă.*

## 3. RADIUL

Radiul emite aceleași raze ca și uraniul, însă radiația sa este mai puternică. Radiul degajă tot timpul căldură.

Radiațiile emise de o bucățică de radiu pornesc în linie dreaptă în toate direcțiile. Ele pătrund greu prin plumb, iar dacă radiul se află pe fundul unei cutii de plumb, în care s'a făcut un mic orificiu, atunci radiațiile se răspândesc numai din acest orificiu și dau pe placa fotografică o mică pată (fig. 3-a), iar toate cele-



Scanned with OKEN Scanner

lalte raze sunt absorbite de plumb. Dacă razele radiului trec între două plăci puternic încărcate cu electricitate, ele se desfac în trei părţi componente. Acest lucru se descoperă uşor cu ajutorul unei plăci fotografice. In locul unei singure pete, pe fotografie apar trei pete: una în centru, una alături de ea şi a treia ceva mai departe, de partea cealaltă a petei centrale. (fig. 3-b).

Cele trei feluri de raze ale radiului au fost numite: raze alfa, beta şi gama (alfa, beta şi gama sunt numirile primelor trei litere ale alfabetului grec: $\alpha$, $\beta$, $\gamma$).

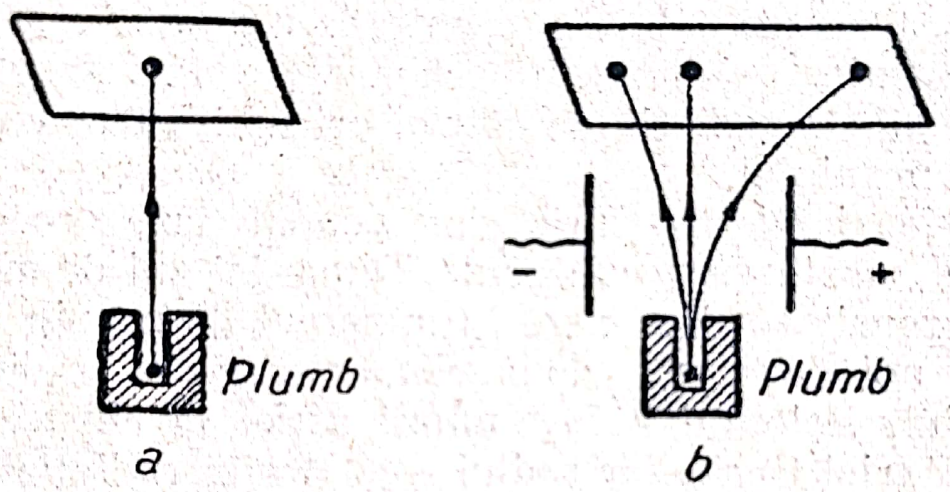


Fig. 3. a. Un fascicol de raze ale radiului dă pe placa fotografică o pată neagră; b — trecând printr'un câmp electric puternic fascicolul se desface în trei feluri de raze.

Razele alfa au sarcină electrică pozitivă, fiind deviate spre placa încărcată negativ, razele beta au sarcină electrică negativă, fiind atrase de placa încărcată pozitiv, iar razele gama nu-şi schimbă direcţia în câmpul electric, deci nu poartă sarcină electrică.

Savanţii au găsit că *razele alfa* nu sunt altceva decât un flux de atomi de heliu încărcaţi pozitiv. Particulele alfa ies din radiu cu o viteză enormă — circa 17.000 km pe secundă. Ele pot să pătrundă printr'un strat de aer de 7—10 cm grosime. Trecând prin aer,



Scanned with OKEN Scanner

particulele alfa fac ca acesta să devină bun conducător de electricitate.

*Razele beta* sunt un flux de electroni [1]). Electronii pleacă din radiu cu o viteză apropiată de viteza luminii (viteza luminii este egală cu 300.000 km pe secundă). Ele străbat mult mai uşor prin substanţă decât razele alfa. In timp ce razele alfa sunt reţinute de o placă de aluminiu de 0,05 mm grosime, razele beta pot trece printr'o placă de câţiva milimetri. Ca şi razele alfa, electronii fac ca aerul să devină bun conducător de electricitate, dar într'o măsură mai mică.

*Razele gama* sunt de aceeaş natură ca şi lumina vizibilă obişnuită, însă spre deosebire de aceasta, razele gama trec liber prin corpuri opace, de exemplu prin hârtie, sau lemn, şi pot pătrunde printr'un strat de plumb gros de câţiva centimetri.

Acţiuni, exterioare, cum ar fi încălzirea până la temperaturi destul de înalte, răcirea, presiunea înaltă, rarefierea puternică, curentul electric, etc... nu influienţează apreciabil intensitatea radiaţiei radiului.

## 4. STRUCTURA ATOMULUI

Cercetând proprietăţile radiului şi efectuând o serie de alte experienţe, savanţii au ajuns la concluzia că atomii sunt particule complexe: ei sunt alcătuiţi din particule încărcate pozitiv şi din electroni. Cum sunt dispuse aceste particule în atom?

In centrul atomului se află un *nucleu* încărcat pozitiv, care are dimensiuni foarte mici. Nucleul este înconjurat de electroni. Deoarece atomul luat ca un

---

1) *Electronii* — sunt părţi componente ale atomilor; ei poartă o sarcină electrică negativă. Un electron este de aproximativ 1850 ori mai uşor decât un atom de hidrogen. (N. red. ruse.)



Scanned with OKEN Scanner

tot este neutru, înseamnă că numărul sarcinilor pozitive ale nucleului este egal cu numărul electronilor care-l înconjoară.

Distanța între electroni și nucleu este mult mai mare decât dimensiunile nucleului. Dacă s'ar mări nucleul până la mărimea unui bob de mazăre, atunci electronii s'ar afla la o distanță de 100 metri de centrul bobului de mazăre. In realitate, însă, diametrul nucleului atomic este de ordinul 0,0001 angström, diametrul atomului însuși fiind cuprins între 1 și 5 angströmi.

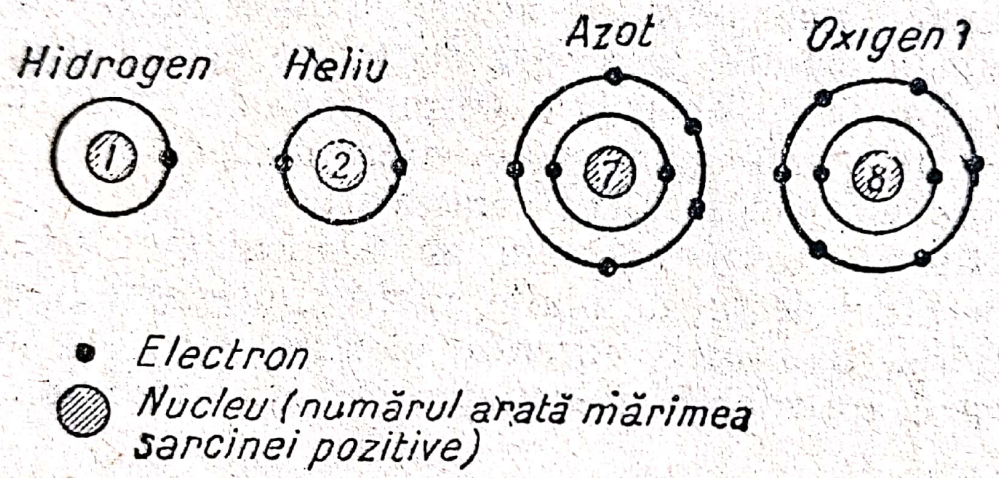


Fig. 4. Scheme simplificate ale structurii câtorva atomi.

Electronii constitue numai o parte neînsemnată a masei atomului. Aproape întreaga masă a atomului este concentrată în nucleu. Dacă s'ar putea umple un centimetru cub cu nucleele unui atom oarecare, el ar cântări aproximativ atât cât cântărește cel mai mare munte al Caucazului, Elbrusul.

Atomii diferitelor elemente se deosebesc între ei prin greutatea și sarcina nucleului.

In fig. 4 sunt date schemele simplificate ale structurii unor atomi. Electronii sunt dispuși în atomi în pături. Atomul poate ceda altui atom electroni din pătura exterioară în urma unei reacții chimice, sub ac-



Scanned with OKEN Scanner

țiunea curentului electric, etc. In acest caz se formează atomi încărcați cu electricitate, numiți *ioni*. Atomii care au pierdut unul sau mai mulți electroni devin *ioni pozitivi*, iar cei ce au primit unul sau mai mulți electroni devin *ioni negativi*.

## 5. LIMBAJUL CHIMIC

In chimie s'au adoptat numirile latine ale elementelor. In locul denumirilor complete ale elementelor, chimiștii scriu numai notațiile lor convenționale — simbolurile. Simbolurile tuturor elementelor cunoscute sunt date în tabloul periodic al elementelor al lui D. I. Mendeleev, din pag. 14—15.

Cu ajutorul simbolurilor chimice se pot reprezenta moleculele celor mai diferite substanțe. De exemplu molecula de acid sulfuric se reprezintă în felul următor: $H_2SO_4$. Aceasta înseamnă că molecula este compusă din doi atomi de hidrogen ($H_2$— se pronunță „haș doi") un atom de sulf (S) și patru atomi de oxigen ($O_4$— „O patru").

Tot cu ajutorul simbolurilor se pot reprezenta prescurtat diferite procese chimice. Astfel, de exemplu, procesul de interacțiune dintre fier (Fe — ferrum) și acidul sulfuric se reprezintă în felul următor:

$$Fe + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + H_2$$

Fier + Acid sulfuric ⟶ Sulfat feros + Hidrogen

Știm deja că atomii elementelor sunt caracterizați prin *greutatea și sarcina electrică a nucleului*. Pentru a le indica se obișnuiește a se pune jos, la stânga, și sus, la dreapta simbolului numerele respective. Simbolul ${}_6C^{12}$ înseamnă că atomul de carbon (C) — are o greutate egală cu 12 *unități atomice*, iar sarcina nucleului este egală cu 6.



Scanned with OKEN Scanner

| Perioade | GRUPE DE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | V |
| 1 | H 1 *Hidrogen* 1,008 | | | | |
| 2 | Li 3 *Litiu* 6,9 | Be 4 *Beriliu* 9 | 5 B *Bor* 10,8 | 6 C *Carbon* 12 | 7 N *Azot* 14 |
| 3 | Na 11 *Sodiu* 23 | Mg 12 *Magneziu* 24,3 | 13 Al *Aluminiu* 27 | 14 Si *Siliciu* 28,1 | 15 P *Fosfor* 31 |
| 4 | K 19 *Potasiu* 39,1 | Ca 20 *Calciu* 40,1 | Sc 21 *Scandiu* 45,1 | Ti 22 *Titan* 47,9 | V 23 *Vanadiu* 51 |
| | 29 Cu *Cupru* 63,6 | 30 Zn *Zinc* 65,4 | 31 Ga *Galiu* 69,7 | 32 Ge *Germaniu* 72,6 | 33 As *Arsen* 74,9 |
| 5 | Rb 37 *Rubidiu* 85,5 | Sr 38 *Stronțiu* 87,6 | Y 39 *Itriu* 88,9 | Zr 40 *Zircon* 91,2 | Nb 41 *Niobiu* 92,9 |
| | 47 Ag *Argint* 107,9 | 48 Cd *Cadmiu* 112,4 | 49 In *Indiu* 114,8 | 50 Sn *Staniu* 118,7 | 51 Sb *Stibiu* 121,8 |
| 6 | Cs 55 *Ceziu* 132,9 | Ba 56 *Bariu* 137,4 | La 57-71 *Lantan* 138,9 | Hf 72 *Hafniu* 178,6 | Ta 73 *Tantal* 180,9 |
| | 79 Au *Aur* 197,2 | 80 Hg *Mercur* 200,6 | 81 Tl *Taliu* 204,4 | 82 Pb *Plumb* 207,2 | 83 Bi *Bismut* 209 |
| 7 | Fr 87 *Franciu* | Ra 88 *Radiu* 226 | Ac 89 *Actiniu* 227 | Th 90 *Toriu* 232,1 | Pa 91 *Protactiniu* 231 |
| | * Pământuri ra- | | | | |
| | Ce 58 *Ceriu* 140,1 | Pr 59 *Prazeodim* 140,9 | Nd 60 *Neodim* 144,3 | Pm 61 *Prometiu* | Sm 62 *Samariu* 150,4 |
| | Tb 65 *Terbiu* 159,2 | Dy 66 *Disproziu* 162,5 | Ho 67 *Holmiu* 164,9 | Er 68 *Erbiu* 167,2 | Tu 69 *Tuliu* 169,4 |
| | * Elemente transuranie- | | | | |
| | Np 93 *Neptuniu* | Pu 94 *Plutoniu* | Am 95 *Americiu* | Cm 96 *Curiu* | Bk 97 *Berkeliu* |

Tabloul periodic al elementelor



Scanned with OKEN Scanner

| ELEMENTE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| VI | VII | VIII | | | 0 |
| | | | | | He 2 *Heliu* 4 |
| 8 O *Oxigen* 16 | 9 F *Fluor* 19 | | | | Ne 10 *Neon* 20,2 |
| 16 S *Sulf* 32,1 | 17 Cl *Clor* 35,5 | | | | Ar 18 *Argon* 39,9 |
| Cr 24 *Crom* 52 | Mn 25 *Mangan* 54,9 | Fe 26 *Fier* 55,9 | Co 27 *Cobalt* 58,9 | Ni 28 *Nichel* 58,7 | |
| 34 Se *Selen* 79 | 35 Br *Brom* 79,9 | | | | Kr 36 *Cripton* 83,7 |
| Mo 42 *Molibden* 96 | Tc 43 *Tehneţiu* | Ru 44 *Ruteniu* 101,7 | Rh 45 *Rodiu* 102,9 | Pd 46 *Paladiu* 106,7 | |
| 52 Te *Telur* 127,6 | 53 I *Iod* 126,9 | | | | Xe 54 *Xenon* 131,3 |
| W 74 *Wolfram* 183,9 | Re 75 *Reniu* 186,3 | Os 76 *Osmiu* 190,2 | Ir 77 *Iridiu* 193,1 | Pt 78 *Platin* 195,2 | |
| 84 Po *Poloniu* 210 | 85 At *Astatiniu* | | | | Rn 86 *Radon* 222 |
| U 92 *Uraniu* 238 | | | | | |

r e

| | |
|---|---|
| Eu 63 *Europiu* 152 | Gd 64 *Gadoliniu* 156,9 |
| Yb 70 *Iterbiu* 173 | Lu 71 *Luteţiu* 175 |

n e

| |
|---|
| Cf 98 *Californiu* |

al lui D. I. Mendeleev.



Scanned with OKEN Scanner

## 6. LEGEA PERIODICITĂȚII

In pag. 14—15 este tabloul periodic al elementelor așa cum îl cunoaștem astăzi. In fiecare pătrățel este dat numărul de ordine al elementului și simbolul său chimic, apoi numele elementului și jos — greutatea atomică. In coloanele verticale ale tabloului se află elemente cu proprietăți asemănătoare.

Așezarea elementelor într'un sistem periodic nu este întâmplătoare. Ea se supune uneia dintre cele mai importante legi ale naturii, *legea periodicității*, descoperită de marele savant rus D. I. Mendeleev. In formularea actuală această lege spune că *proprietățile elementelor sunt o funcție periodică de sarcinile nucleelor lor*.

Mendeleev a descoperit legea periodicității în anul 1869. Pe atunci nu se știa încă nimic despre structura atomului, iar Mendeleev a exprimat legea în felul următor: „Proprietățile corpurilor simple[1]) precum și felurile și proprietățile compușilor lor sunt funcție periodică de greutatea atomică a elementelor". Aceasta înseamnă că dacă am așeza toate elementele în ordinea creșterii greutății lor atomice, atunci după anumite perioade se vor succeda elemente cu proprietăți asemănătoare. Dacă dispunem elementele unei astfel de serii în mai multe șiruri, așa încât greutatea atomică să meargă în ordine crescândă dela stânga la dreapta, iar elementele cu proprietăți asemănătoare să fie așezate unul sub altul în aceeaș coloană verticală, atunci obținem sistemul periodic al elementelor. Acest lucru l-a făcut în anul 1869 D. I. Mendeleev, care a exprimat sub formă de tablou legea descoperită de el.

---

1) Prin „corpuri simple" Mendeleev înțelegea elemente. (N. red. ruse.)



Scanned with OKEN Scanner

S'ar putea crede că lui Mendeleev i-a fost ușor să facă această descoperire, deoarece legea este foarte simplă. De fapt însă, problema era extrem de complicată. Pe timpul lui Mendeleev erau cunoscute numai două treimi din elementele existente pe pământ și repartizându-le în ordinea crescătoare a greutății lor atomice, proprietățile lor nu se repetau la intervale regulate. Mendeleev, însă, profund convins de justețea legii descoperită de el, a știut să dispună în mod corect toate elementele cunoscute, lăsând libere acele pătrățele din tablou care urmau să fie ocupate de elementele nedescoperite încă.

In unele cazuri, Mendeleev nu a așezat elementele în ordinea creșterii greutății lor atomice, considerând ca primordială repetarea periodică a proprietăților chimice ale elementelor.

Folosindu-se de legea periodicității, Mendeleev a prezis proprietățile elementelor încă nedescoperite.

Toate pătrățelele libere ale sistemului periodic au fost ulterior completate cu elemente noi, iar prezicerile savantului rus s'au confirmat.

Fără tabloul periodic al lui Mendeleev, multe descoperiri mari din secolul al XX-lea nu ar fi fost posibile. La rândul lor, aceste descoperiri au arătat profunzimea legii descoperite de marele savant. Astfel, de exemplu, numărul de ordine al elementului în tablou s'a dovedit a fi nu numai un simplu număr de ordine, ci a căpătat un sens fizic profund. Vom prezenta cititorului unele dintre aceste descoperiri noi.

## 7. STRUCTURA NUCLEULUI ATOMIC

Fizicianul sovietic Ivanenco a emis în anul 1932 ipoteza că nucleul oricărui atom este alcătuit din două feluri de particule — *protoni* și *neutroni*.



Scanned with OKEN Scanner

Protonii sunt nucleele atomilor de hidrogen; protonul are o singură sarcină pozitivă, iar masa lui este egală cu o unitate atomică.

Neutronii au aceeaşi masă ca şi protonii, nu poartă însă sarcini electrice. Ei sunt particule neutre din punct de vedere electric.

Numărul total de protoni şi neutroni din nucleu se numeşte *număr de masă*. Numărul de masă este aproximativ egal cu masa atomului, exprimată în unităţi atomice. Numărul de protoni din nucleu este egal cu

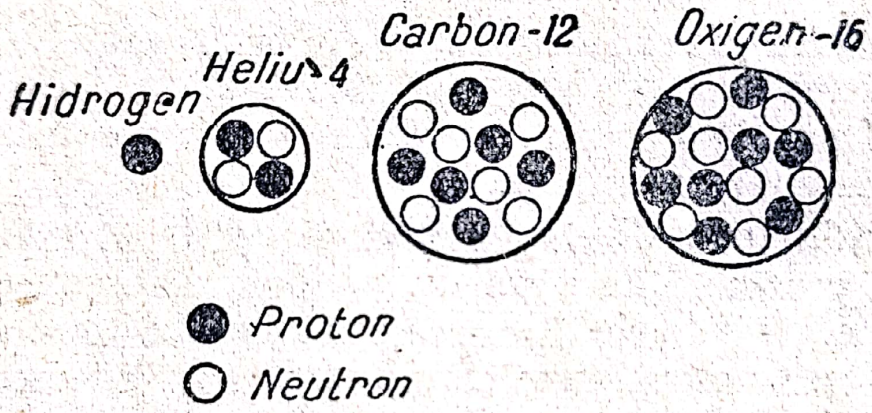


Fig. 5. Schema structurii nucleelor atomice.

numărul de ordine al elementului în sistemul periodic. Astfel, nucleul atomului de carbon, care are numărul de masă 12 şi o sarcină egală cu 6 unităţi, conţine 6 protoni şi 6 neutroni (fig. 5). Nucleul atomului de uraniu cu numărul de masă 238 şi sarcina 92, conţine 92 protoni şi 146 neutroni.

Ipoteza lui Ivanenco a fost confirmată de toate experienţele care s'au efectuat ulterior cu nucleele atomice.



Scanned with OKEN Scanner

# II. ELEMENTELE RADIOACTIVE NATURALE

## 1. IZOTOPII

Descoperirea poloniului şi radiului i-a făcut pe savanţi să caute alte elemente radioactive. Aceste cercetări au fost încununate de succes: în minereurile uraniului şi radiului precum şi în minereurile toriului au fost descoperite noi elemente radioactive.

In ceeace priveşte proprietăţile lor chimice, multe dintre ele nu puteau fi deosebite de elementele cunoscute înainte. Astfel, în anul 1906 a fost descoperit elementul *ioniu,* cu proprietăţi asemănătoare proprietăţilor elementului cunoscut dinainte, din grupul al patrulea al sistemului periodic — toriul. Toate încercările de a separa ioniul de toriu au dat greş.

In anul 1907 s'a stabilit că elementul nou descoperit *mezotoriul* nu poate fi deosebit de radiu din punct de vedere chimic.

In anii următori s'a observat o deplină analogie chimică între plumb şi noile elemente *radiu B* şi *radiu D*. Atomii radiului B şi radiului D au aceeaş sarcină nucleară, prin urmare au şi acelaş număr de ordine ca şi atomii de plumb, însă se deosebesc de aceştia prin masa lor. Aceeaş deosebire între mase s'a observat şi la toriu şi ioniu, mezotoriu şi radiu.

Astfel s'a constatat că în unele pătrăţele din sistemul periodic al lui Mendeleev trebue să se afle mai multe feluri de atomi care au aceeaş sarcină nucleară, însă mase diferite. Astfel de atomi au fost numiţi *izotopi (izotop înseamnă pe greceşte acelaş loc)*. Radiul B şi radiul D au fost numiţi izotopi ai plumbului, mezotoriul — 1 — izotop al radiului, etc.

Ce se întâmplă cu atomii radioactivi la emisia de raze alfa, beta şi gama? Savanţii au găsit că prin emisia razelor radioactive nucleele atomilor se schim-



Scanned with OKEN Scanner

bă, un element se transformă în altul. Acest fenomen a fost numit *desintegrare radioactivă.*

S'a stabilit regula după care elementul își schimbă locul în sistemul periodic la desintegrarea radioactivă, regulă care a fost numită: „regula de deplasare". Când un atom radioactiv emite o particulă alfa, sarcina nucleului se micșorează cu două unități, deoarece sarcina particulei alfa este egală cu 2. Noul element trebue să ocupe în sistemul periodic un loc cu 2 pătrățele mai spre stânga. De exemplu, când radiul, care ocupă pătrățelul al 88-lea în sistemul periodic, emite o particulă alfa, atunci el se transformă într'un element radioactiv gazos, radonul, care se află în pătrățelul cu nr. 86.

Particulele beta, ca și particulele alfa, sunt produse de desintegrare ale nucleului atomului radioactiv; ele se eliberează ca urmare a transformării unui neutron într'un proton:

$$\text{Neutron} \rightarrow \text{Proton} + \text{Electron}$$

La emisia de raze beta sarcina nucleului crește cu o unitate; tot cu o unitate se mărește și numărul de ordine; deaceea elementul nou trebuie să ocupe în tablou locul din pătrățelul următor din dreapta. Uraniul $X_1$, care se obține din uraniu, ocupă pătrățelul nr. 90 împreună cu toriul. El emite o particulă beta și se transformă în uraniu $X_2$, care are numărul de ordine 91, adică este un izotop al protactiniului.

La emisia de raze gama, nucleul atomic pierde energie, însă componența rămâne neschimbată.

Regula de deplasare a permis să se găsească locul în sistemul periodic al elementelor al lui Mendeleev, pentru toți izotopii nou descoperiți.

Tabloul de mai jos dă izotopii naturali ai câtorva

elemente. Aluminiul, fosforul și manganul au numai câte un izotop natural.

Au fost descoperiți izotopi și printre elementele neradioactive. S'a putut demonstra, de exemplu, că gazul neon este un amestec de atomi cu mase diferite.

IZOTOPII NATURALI AI CATORVA ELEMENTE

| Denumirea elementului | Simbolul | Masele izotopilor |
|---|---|---|
| Hidrogen | H | 1, 2, 3 |
| Carbon | C | 12, 13 |
| Oxigen | O | 16, 17, 18 |
| Aluminiu | Al | 27 |
| Fosfor | P | 31 |
| Sulf | S | 32, 33, 34, 36 |
| Clor | Cl | 35, 37 |
| Potasiu | K | 39, 40, 41 |
| Mangan | Mn | 55 |
| Fier | Fe | 54, 56, 57, 58 |
| Cupru | Cu | 63, 65 |
| Platină | Pt | 190, 192, 194, 195, 196, 198 |
| Plumb | Pb | 204, 206, 207, 208, 210, (RaD), 211 (AcB), 212 (ThB), 213 (RaB) |
| Uraniu | U | 234, 235, 238 |

Ulterior la toate elementele au fost descoperiți izotopi, sau au fost obținuți pe cale artificială.

Cu ajutorul simbolurilor chimice se pot nota ușor izotopii diferitelor elemente. De exemplu, izotopii sodiului cu masele 22, 23 și 24 se notează în felul următor : $Na^{22}$, $Na^{23}$ și $Na^{24}$.

## 2. FAMILIILE DE ELEMENTE RADIOACTIVE

Regula de deplasare a permis să se stabilească o legătură între grupe întregi de elemente radioactive. Astfel, s'a arătat că toriul cu numărul de masă 232,

emiţând o particulă alfa se transformă în izotopul radiului — mezotoriul 1, cu numărul de masă 228 şi cu numărul de ordine 88. Mezotoriul 1 la rândul său, emite un electron şi se transformă în mezotoriul 2 — izotop al actiniului.

Mezotoriul 2 emite raze beta şi se transformă în radiotoriu.

Lanţul de transformări merge dela un element radioactiv la altul, până când, în urma desintegrării radioactive, se formează un element stabil.

Astfel obţinem *familii* sau *serii de elemente radioactive.*

Cercetând procesele de desintegrare radioactivă, savanţii au stabilit trei serii de elemente radioactive care se găsesc în natură : seria uraniului, seria toriului şi seria actinouraniului.

Uraniul, toriul şi actinouraniul sunt elementele generatoare ale acestor serii, şi fiecare serie se termină cu unul dintre izotopii neradioactivi ai plumbului.

Unul din membrii importanţi ai familiei uraniului este izotopul radiului cu masa 226 ; el se foloseşte pe larg în medicină, în tehnică şi în cercetările ştiinţifice.

Ulterior s'a obţinut pe cale artificială o nouă familie de elemente radioactive — familia neptuniului, care se termină cu un izotop stabil al bismutului.

In figurile 6 şi 7 se arată familiile radioactive. In cercuri se dau denumirile elementelor, masa atomică şi sarcina nucleului. Săgeţile indică în ce sens are loc transformarea, iar indicii $\alpha$ şi $\beta$ de lângă săgeţi indică felul radiaţiei.

### 3. TIMPUL DE INJUMATAŢIRE

Fiecare atom radioactiv se transformă mai de vreme sau mai târziu într'un alt atom. Insă, nu toţi atomii aceluiaş element radioactiv trăiesc la fel de mult :



Scanned with OKEN Scanner

unii atomi se desintegrează mai repede, alţii pot rămâne neschimbaţi timp îndelungat.

Căror legi se supune desintegrarea radioactivă ?

Se constată că, *numărul de atomi care se desintegrează în unitatea de timp este direct proporţional cu numărul de atomi radioactivi prezenţi.* Aceasta înseamnă că la orice element radioactiv se desintegrează în unitatea de timp totdeauna o aceeaş parte, o aceeaş fracţiune din numărul atomilor, strict determinată pentru fiecare element.

Savanţii au stabilit această lege pe cale experimentală, observând variaţia în timp a intensităţii de radiaţie a elementelor radioactive.

Fracţiunea de atomi, care se transformă în unitatea de timp, se numeşte *constanta de desintegrare.*

Dacă, de exemplu, avem 8.000.000 de atomi radioactivi, iar constanta de desintegrare este egală cu 0,1, aceasta înseamnă că în fiecare secundă se desintegrează a 10-a parte din atomii prezenţi, în prima secundă 800.000 de atomi, în a doua secundă a 10-a parte din cei 7.200.000 de atomi rămaşi, adică 720.000 de atomi, etc.

Durata existenţei elementelor radioactive se exprimă deobicei prin *timpul de înjumătăţire.* Timpul de înjumătăţire este timpul în decursul căruia o cantitate existentă de atomi scade la jumătate. De exemplu, timpul de înjumătăţire al uraniului $X_1$ este de 24 zile. Aceasta înseamnă că din 6.400.000 atomi rămân după 24 zile 3.200.000 atomi, după alte 24 de zile 1.600.000 atomi, apoi 800.000 atomi, etc.

In aceste exemple s'a operat cu numere destul de mari. Acest lucru este absolut necesar, deoarece pentru un număr mic de atomi, legea nu va fi respectată : se poate ca din doi atomi de uraniu $X_1$ în 24 zile să nu se desintegreze 1 atom, ci amândoi.



Scanned with OKEN Scanner

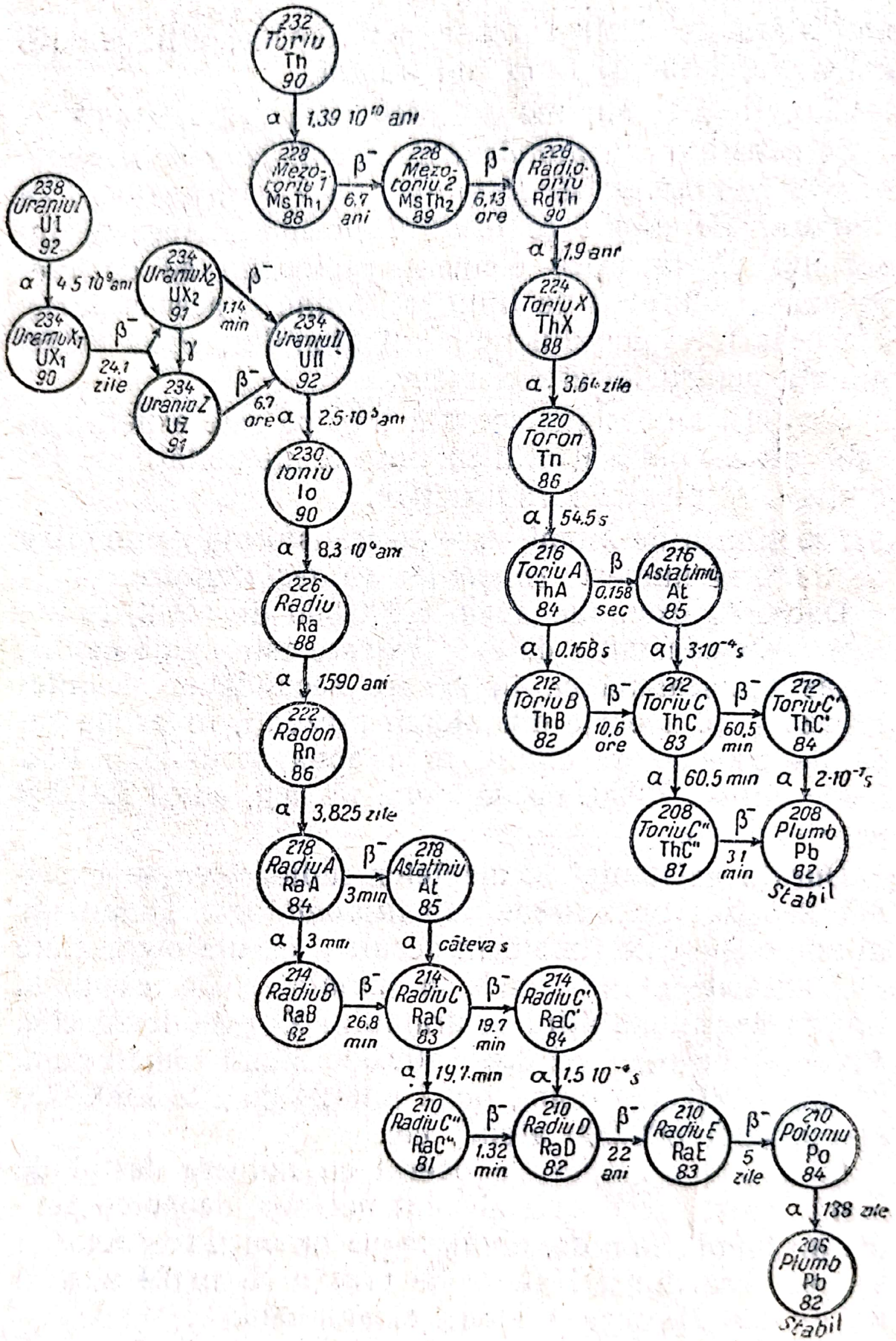


Fig. 6. Familiile uraniului și toriului.



Scanned with OKEN Scanner

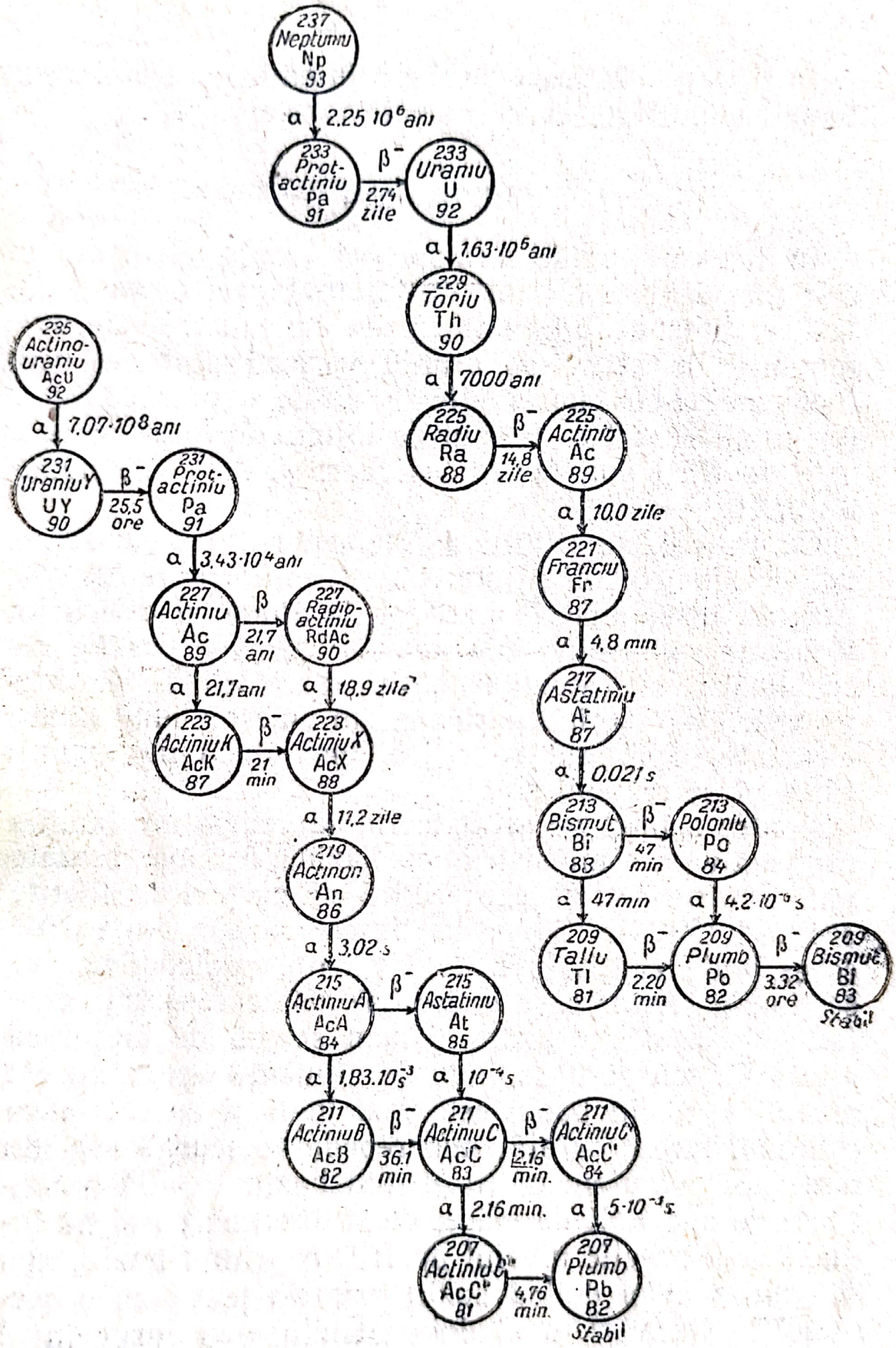


Fig. 7. Familiile actinouraniului și neptuniului.



Scanned with OKEN Scanner

In fig. 6 şi 7 timpurile de înjumătăţire ale elementelor radioactive, sunt indicate lângă săgeţi.

## 4. ECHILIBRUL RADIOACTIV

In fiecare familie radioactivă există elemente cu cele mai diferite timpuri de înjumătăţire. Uraniul 238 are un timp de înjumătăţire de 4,5 miliarde de ani; numărul de atomi de uraniu variază atât de încet, încât nici chiar după multe secole nu se poate observa o diminuare a lor. Timpul de înjumătăţire al radiului este de 1590 ani, iar cel al radiului A — de numai 3 minute.

Cu timpul, amestecul de elemente din seria radioactivă ajunge într'o stare de *echilibru radioactiv*. Aceasta înseamnă că numărul de atomi ai diferitelor elemente radioactive din amestec rămâne practic neschimbat: câţi atomi se obţin, tot atâţia se desintegrează. Dacă se îndepărtează din amestec unul dintre elemente, echilibrul se strică, însă după un anumit timp, el se restabileşte.

Pentru a înţelege acest lucru, să comparăm familia radioactivă cu un sistem de bazine de apă, aşezate unul sub celălalt şi legate între ele cu ţevi de diferite secţiuni (fig. 8). Să ne închipuim că apa din bazine corespunde cantităţilor de elemente radioactive, iar secţiunile ţevilor care unesc bazinele corespund constantelor de desintegrare. Ţinem seamă de faptul că viteza de scurgere depinde de afluienţa apei: cu cât nivelul apei din bazin este mai înalt şi cu cât ţeava este mai largă, cu atât mai repede se scurge apa din bazin. Să admitem că în primul bazin se află o cantitate de apă atât de mare, încât diminuarea ei nu influenţează practic nivelul apei. Din primul bazin, apa se scurge în al doilea bazin printr'o ţeavă cu o secţiune de 4 $cm^2$. Din al doilea bazin, apa curge în al



Scanned with OKEN Scanner

treilea printr'o ţeavă cu o secţiune de 2 cm². Ţeava care leagă al treilea bazin cu al patrulea, are o secţiune de 8 cm².

La început, apa din al doilea bazin va spori, însă în acelaş timp ea se va scurge în al treilea bazin.

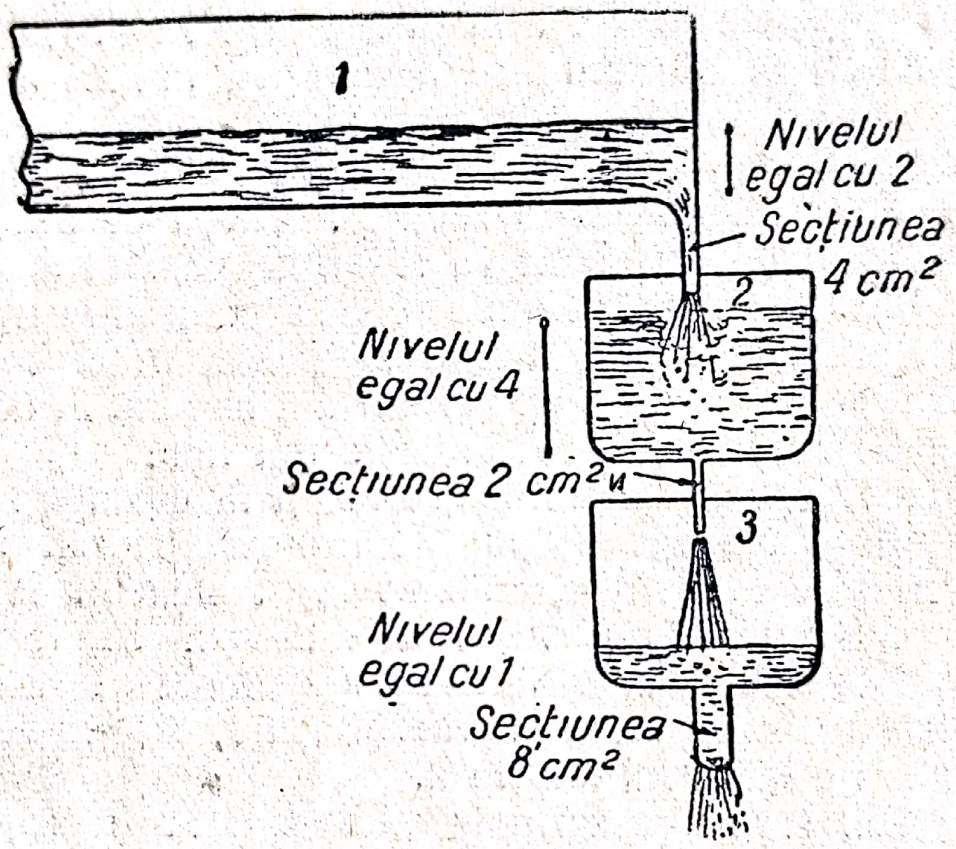


Fig. 8. Echilibrul între elementele radioactive ale unei familii poate fi asemănat cu o serie de bazine, legate între ele prin ţevi de diferite dimensiuni. Secţiunea ţevii corespunde constantei de desintegrare a elementului radioactiv, iar nivelul apei din bazin corespunde cantităţii de element radioactiv.

Când înălţimea nivelului din al doilea bazin devine de 2 ori mai mare decât cea din primul bazin, viteza de afluenţă a apei în al doilea bazin va fi egală cu viteza de scurgere spre al treilea bazin. In primul bazin, nivelul este de două ori mai jos decât în al doilea bazin, în schimb însă, secţiunea ţevii este de

două ori mai mare. Deaceea, apa în al doilea bazin se va menține la același nivel.

Același lucru se poate spune și despre al treilea bazin. Acolo nivelul apei se va ridica până când înălțimea lui va atinge o valoare de 4 ori mai mică decât în al doilea bazin.

Când nivelele se vor afla în raportul 2 : 4 : 1, viteza de afluență și de scurgere a apei va deveni aceeași pentru fiecare bazin. Atunci avem echilibru.

Dacă scoatem acum o parte din apă din al doilea bazin, atunci echilibrul se strică : viteza de afluență a apei în al doilea bazin va fi aceeași ca mai înainte, însă viteza de scurgere din al doilea bazin în al treilea se micșorează și apa începe să scadă în al treilea bazin. Insă, după un timp nivelul din bazinul al doilea crește și echilibrul se restabilește din nou.

Un echilibru asemănător are loc și la desintegrarea radioactivă. Cu cât timpul de înjumătățire al unui element este mai mare, cu atât acest element se găsește în cantitate mai mică în amestec. In familia toriului, de exemplu, în unitatea de timp se formează din toriu tot atâți atomi de mezotoriu 1, câți se desintegrează formând mezotoriu 2.

Uraniul, toriul și actinouraniul se află în scoarța terestră de multe milenii și în acest timp s'a stabilit echilibrul în seriile uraniului, toriului și actinouraniului.

## III. ELEMENTELE ARTIFICIALE

### 1. AZOTUL SE TRANSFORMĂ IN OXIGEN

In Evul Mediu alchimiștii se ocupau cu găsirea metodelor de transformare a diferitelor metale în aur. Aceste cercetări n'au avut niciun succes și începând cu secolul al XVII-lea, savanții au încetat să mai



Scanned with OKEN Scanner

creadă în posibilitatea transformării elementelor. In secolul al XIX-lea s'a înscăunat în știință teoria atomico-moleculară. Conform acestei teorii, părțile componente ale oricărei substanțe, — atomii — erau considerați indivizibili, și prin urmare transformarea unui atom în altul nu era posibilă.

In secolul al XX-lea însă, după ce s'a studiat fenomenul de radioactivitate și după ce s'a descoperit structura complicată a atomului, savanții au revenit la ideia transformării artificiale a elementelor.

Nucleul unui atom nu poate fi distrus nici prin încălzire la câteva mii de grade, nici prin răcire la temperaturile cele mai joase, nici supunându-l la presiuni mari. Pentru a distruge un atom, este necesară o energie mai mare. Inainte de descoperirea elementelor radioactive, omul nu dispunea de o astfel de energie.

In anul 1919, fizicianul englez Rutherford a hotărît să folosească energia radiației radioactive, anume energia particulelor alfa, pentru a distruge atomii. Particulele alfa de mare viteză, fiind relativ grele, puteau servi drept proiectile minuscule, capabile să distrugă nucleul și să formeze nuclee noi.

Un preparat radioactiv emițător de particule alfa se introducea în azot. Particulele alfa, ciocnindu-se cu atomii de azot, pătrundeau în nucleele lor (fig. 9). Apoi, nucleele se scindau în două nuclee noi — un nucleu al unui atom de oxigen și un nucleu al unui atom de hidrogen, un proton. Astfel, s'a realizat pentru prima oară transmutația elementelor. Cu ajutorul simbolurilor chimice, acest proces poate fi scris în felul următor :

$$_7N^{14} + {}_2He^4 \longrightarrow {}_8O^{17} + {}_1H^1$$

Azot + Particulă alfa → Oxigen + Proton

Numărul total de protoni și neutroni nu se schimbă în acest proces. Deaceea suma cifrelor de sus (numerele de masă) din dreapta săgeții, trebuie să fie egală cu cea din stânga săgeții; suma cifrelor de jos — numărul de protoni din nuclee — deasemenea nu se schimbă.

Greutatea atomului obținut artificial este egală cu

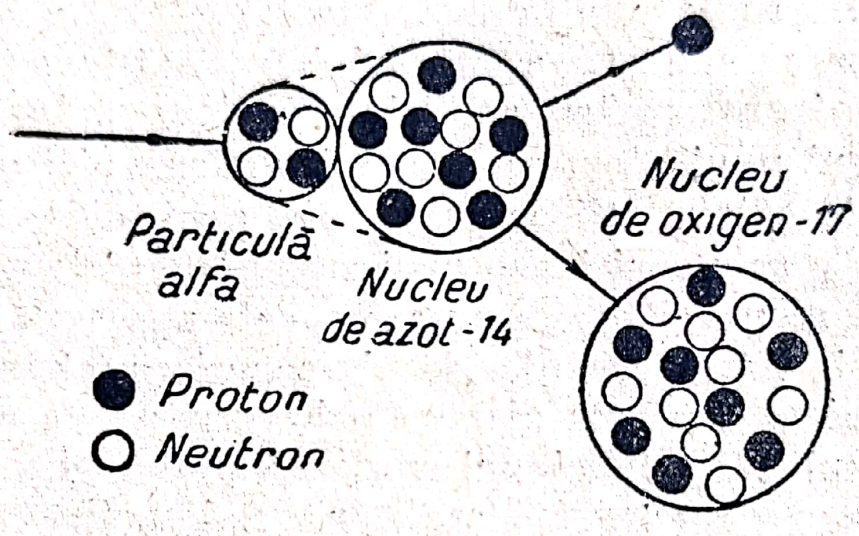


Fig. 9. Schema interacțiunei particulei alfa cu nucleul de azot.

17 unități atomice. Acesta este unul dintre izotopii oxigenului.

Curând savanții au reușit să scindeze și nucleele altor elemente.

## 2. O DESCOPERIRE A SOȚILOR JOLIOT-CURIE

Irène și Frédéric Joliot-Curie, studiind acțiunea particulelor alfa asupra atomilor diferitelor elemente, au făcut o mare descoperire. Ei au descoperit că aluminiul bombardat cu particule alfa emite pozitroni, particule a căror masă este egală cu cea a electronului și a căror sarcină este egală și de semn contrar cu cea a electronului. Emisia de pozitroni are loc și după



Scanned with OKEN Scanner

încetarea bombardării aluminiului cu particule alfa. Numărul de pozitroni scade cu timpul și până la urmă, emisia lor încetează.

Fenomenul descoperit de soții Joliot-Curie amintea desintegrarea radioactivă. Deaceea, savanților le-a venit ideia că în urma interacțiunii între aluminiu și particulele alfa se obține un element radioactiv artificial. Intr'adevăr, scăderea numărului de pozitroni emiși are loc după legea desintegrării radioactive. S'a constatat că, timpul de înjumătățire al noului element radioactiv este de 3,25 minute.

Fenomene analoage s'au descoperit și în cazul acțiunii particulelor alfa asupra borului și magneziului.

Astfel, soții Joliot-Curie au arătat că *se pot crea elemente radioactive pe cale artificială.*

Ce fel de elemente se obțineau din aluminiu, bor și magneziu ?

Studiul interacțiunii între aluminiu și particulele alfa a arătat că mai întâi aluminiul emitea neutroni, iar pozitronii apăreau deabia după încetarea bombardării. Savanții au presupus că procesul decurge în felul următor :

$$_{13}Al^{27} + {}_{2}He^{4} \longrightarrow {}_{15}P^{30} + {}_{0}n^{1}$$

Aluminiu — Particulă alfa — Fosfor — Neutron

Fosforul format se desintegrează emițând un pozitron :

$$_{15}P^{30} \longrightarrow {}_{14}Si^{30} + \beta+$$

Fosfor — Siliciu — Pozitron

La bombardarea borului și magneziului au loc următoarele reacții :

$$_{5}B^{10} + {}_{2}He^{4} \longrightarrow {}_{7}N^{13} + {}_{0}n^{1}$$

Bor — Particulă alfa — Azot — Neutron

$$_{7}N^{13} \longrightarrow {}_{6}C^{13} + \beta^{+};$$
Azot — Carbon — Pozitron

$$_{12}Mg^{24} + {}_{2}He^{4} \longrightarrow {}_{14}Si^{27} + {}_{0}n^{1}$$
Magneziu — Particulă alfa — Siliciu — Neutron

$$_{14}Si^{27} \longrightarrow {}_{13}Al^{27} + \beta^{+}$$
Siliciu — Aluminiu — Pozitron

Irène și Frédéric Joliot-Curie au dovedit justețea presupunerilor lor, separând din aluminiu fosfor radioactiv.

O lamă de aluminiu bombardată cu particule alfa a fost dizolvată în acid. Atomii de fosfor, care s'au format din aluminiu au ajuns împreună cu atomii de aluminiu în soluție. Apoi fosforul s'a transformat în acid fosforic. Soluției obținute i s'au adăugat câteva miligrame de acid fosforic obișnuit, iar după aceasta tot acidul fosforic a fost trecut într'o stare insolubilă, care s'a depus din soluție. Sarea depusă conținea atât acidul fosforic care s'a adăugat soluției, cât și acidul care s'a format din atomii de fosfor radioactiv.

Pentruce era atunci nevoie să se adauge acid fosforic obișnuit ?

In experiențele soților Joliot-Curie, din aluminiu s'au putut forma sub acțiunea particulelor alfa numai câteva zeci de mii de atomi de fosfor, adică $10^{-18}$ până la $10^{-19}$ grame. Din această cantitate de fosfor se obține atât de puțină sare, încât întreaga sare se dizolvă liber în apă și precipitatul nu poate fi separat. Acidul fosforic neradioactiv adăugat, joacă rolul de „vehicul". Depunându-se el „antrenează" și cantitățile infime de acid fosforic radioactiv.

Cum se poate afla dacă precipitatul conține atomi de fosfor radioactiv ? Irène și Frédéric Joliot-Curie s'au convins de acest lucru prin faptul că acidul fosforic separat pe cale chimică, emite pozitroni.



Scanned with OKEN Scanner

Deasemenea s'a demonstrat că la iradierea magneziului se obține siliciu radioactiv, iar la iradierea borului se obține azot radioactiv. Elementele nestabile obținute în acest fel au fost numite elemente radioactive artificiale, iar fenomenul ca atare a fost numit *radioactivitate artificială.*

### 3. ARTILERIA ATOMICĂ

Lucrări pentru obținerea de noi elemente radioactive artificiale au început să fie efectuate de savanții diferitelor țări. Drept proiectile atomice au fost folosiți neutronii obținuți în urma acțiunii particulelor alfa ale radiului sau ale radonului asupra beriliului:

$$_4Be^9 + {}_2He^4 \longrightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1.$$

Beriliu — Particulă alfa — Carbon — Neutron

Pentru a obține o sursă de neutroni, este suficient să se amestece bromură de radiu cu praf de beriliu.

Toate elementele sistemului periodic au fost supuse acțiunii neutronilor. S'a reușit să se stabilească că în majoritatea cazurilor se obțin elemente radioactive care emit raze beta.

Elementele radioactive naturale s'au dovedit însă a nu fi surse suficient de puternice de proiectile nucleare. Un gram de radiu, de exemplu, emite într'o secundă $3{,}7 \cdot 10^{10}$ particule alfa, iar în amestec cu beriliu emite $10^7$ neutroni pe secundă. Aceasta este o cantitate imensă de particule, însă trebuie să se țină seama că acționând asupra nucleelor atomice, numai o mică parte a acestor proiectile ajunge la țintă, deoarece nucleele atomilor constituie numai o parte infimă din volumul substanței.

Pentru a obține cantități apreciabile de elemente radioactive, savanții au construit aparate cu ajutorul



Scanned with OKEN Scanner

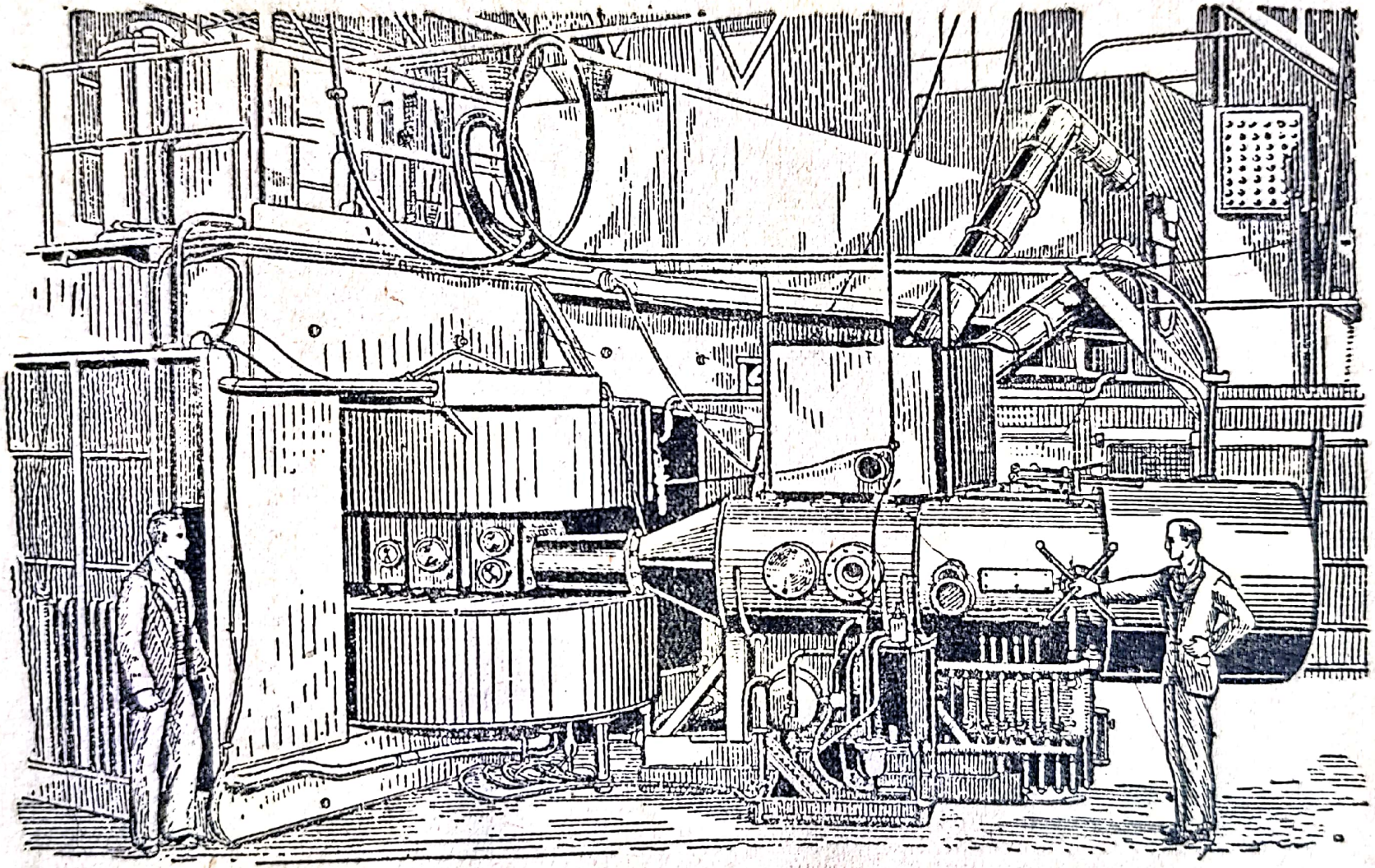

Fig. 10. Aspectul exterior al unui ciclotron.

Scanned with OKEN Scanner

cărora se pot produce fascicole de particule alfa, protoni, neutroni și deuteroni cu un număr mare de particule și cu energie mare (deuteronii sunt nucleele unui izotop al hidrogenului, alcătuit dintr'un proton și un neutron).

Unul din aparatele cu ajutorul căruia se obțin proiectile nucleare, este *ciclotronul* (fig. 10).

Ciclotronul se compune dintr'o cameră de formă

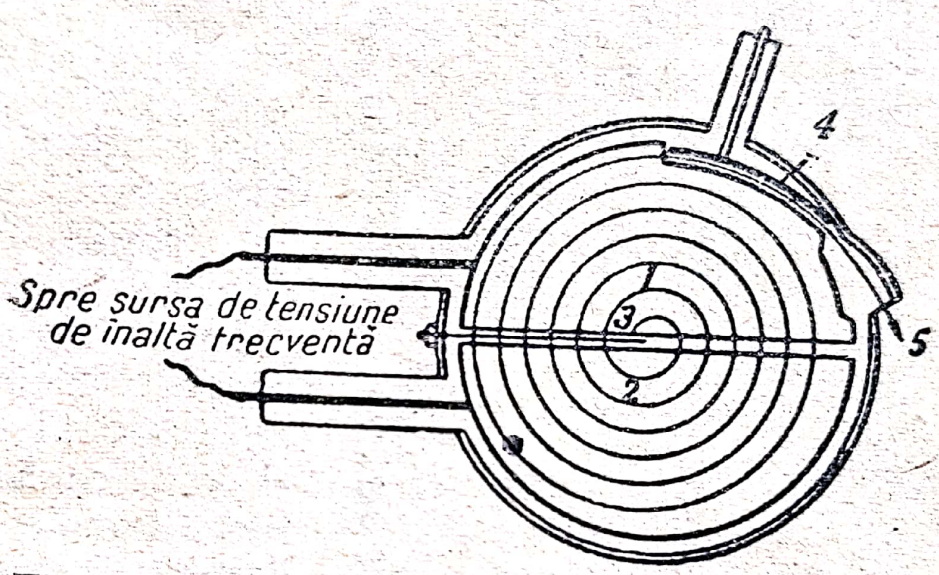


Fig. 11. Schema ciclotronului. 1 și 2 — duanți; 3 — sursă de electroni; 4 — placă care deviază ionii; 5 — locul de ieșire al ionilor.

cilindrică, din care s'a scos aerul. Camera se află între polii unui electromagnet uriaș. In interiorul camerei se află cutii metalice ale căror secțiuni au forma unor semicercuri (fig. 11 și 12). Aceste cutii, numite *duanți,* se așează în așa fel, încât marginile lor drepte sunt distanțate între ele cu câțiva centimetri. Duanții se leagă la o sursă puternică de tensiune de înaltă frecvență. In interiorul camerei se introduce hidrogen sau heliu. Intre duanți se află un fir de wolfram încălzit până la incandescență. Acest fir emite electroni care în mișcarea lor smulg electroni din învelișurile atomilor de gaz, ionizând astfel gazul. Ionii pozitivi



Scanned with OKEN Scanner

care se formează în vecinătatea firului de wolfram, încep să se miște spre duantul încărcat negativ și din cauza inerției, intră în duant.

In interiorul acestor duanți nu există câmp electric, însă câmpul magnetic al electromagnetului acționează asupra ionilor și îi obligă să se miște pe un cerc. Această mișcare continuă până când ionii ajung în spațiul dintre duanți.

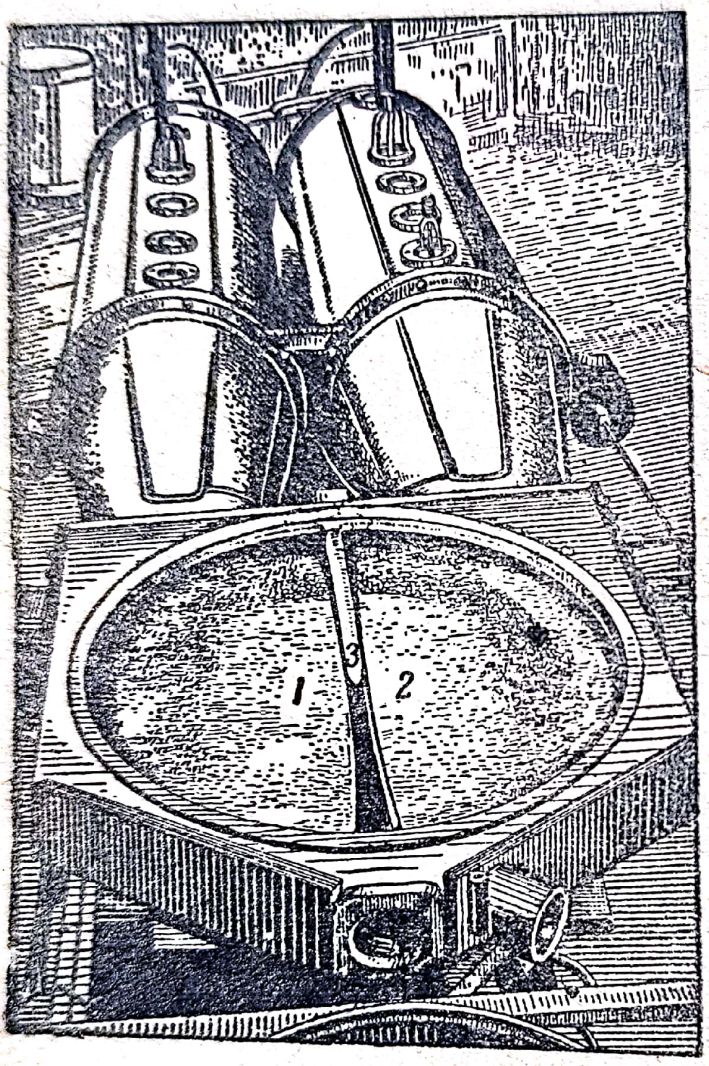


Fig. 12. Vederea unei camere demontate a ciclotronului. 1 și 2 — duanți; 3 — sursă de electroni.

Intre timp duanții își schimbă semnul sarcinilor lor și ionii capătă un nou impuls, îndreptat spre duantul negativ. Ei pătrund în al doilea duant, însă se mișcă acum cu o viteză mai mare decât înainte și descriu un cerc cu o rază mai mare. Apoi ionii ajung din nou în primul duant, etc. Când ionii ajung la viteza maximă posibilă pentru dimensiunile date ale duanților, ei își modifică direcția, datorită unei plăci încărcate negativ, și sunt scoși din duanți printr'o ferestruică (vezi fig. 11), de unde sunt îndreptați spre substanța care se bombardează.



Scanned with OKEN Scanner

care se formează în vecinătatea firului de wolfram, încep să se miște spre duantul încărcat negativ și din cauza inerției, intră în duant.

In interiorul acestor duanți nu există câmp electric, însă câmpul magnetic al electromagnetului acționează asupra ionilor și îi obligă să se miște pe un cerc. Această mișcare continuă până când ionii ajung în spațiul dintre duanți.

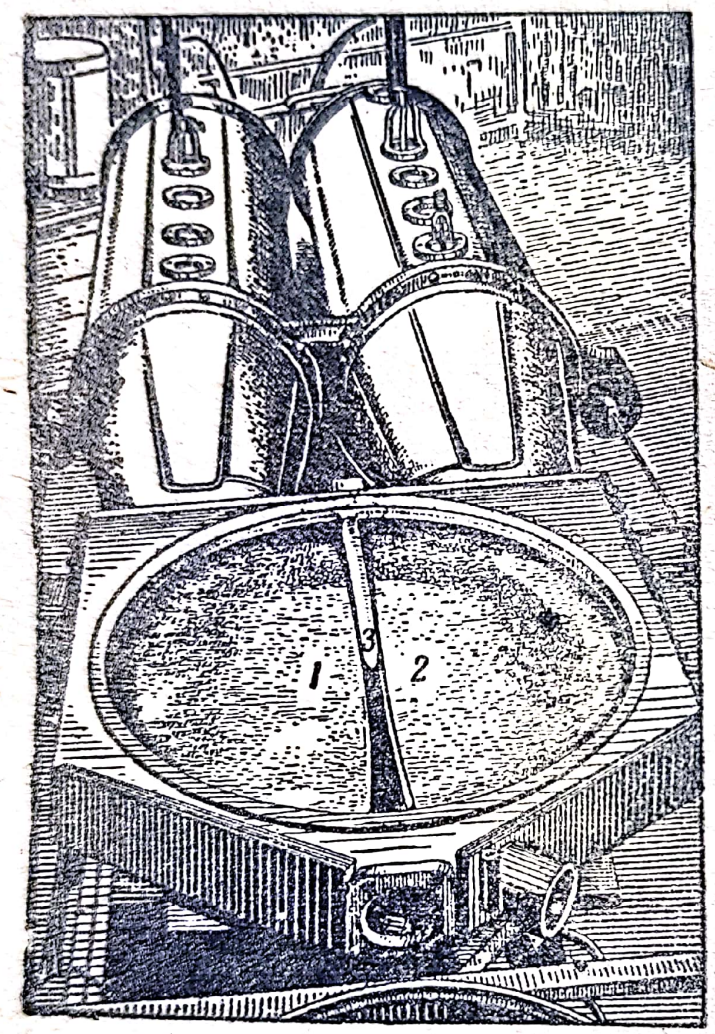


Fig. 12. Vederea unei camere demontate a ciclotronului. 1 și 2 — duanți; 3 — sursă de electroni.

Intre timp duanții își schimbă semnul sarcinilor lor și ionii capătă un nou impuls, îndreptat spre duantul negativ. Ei pătrund în al doilea duant, însă se mișcă acum cu o viteză mai mare decât înainte și descriu un cerc cu o rază mai mare. Apoi ionii ajung din nou în primul duant, etc. Când ionii ajung la viteza maximă posibilă pentru dimensiunile date ale duanților, ei își modifică direcția, datorită unei plăci încărcate negativ, și sunt scoși din duanți printr'o ferestruică (vezi fig. 11), de unde sunt îndreptați spre substanța care se bombardează.



Scanned with OKEN Scanner

Dacă în camera ciclotronului se introduce heliu gazos, atunci se obţin particule alfa, dacă se introduce hidrogen, atunci se obţin protoni, dacă se introduce hidrogen greu, (un izotop al hidrogenului, cu masa 2) atunci se obţin deuteroni.

In prezent, există instalaţii foarte puternice de accelerare, al căror principiu de funcţionare este întrucâtva diferit de cel al ciclotronului şi care permit să se transmită particulelor o energie uriaşă. Energia acestor particule este de zeci de ori mai mare decât energia particulelor obţinute cu ciclotronul şi de sute de ori mai mare decât energia particulelor provenite din elementele radioactive naturale. Cu ajutorul acestor particule, un atom poate fi desintegrat tot atât de uşor cum se poate sparge un obiect de sticlă cu o piatră.

Cu ajutorul instalaţiilor descrise se pot obţine nu numai particule rapide încărcate cu electricitate, ci şi neutroni, îndreptând deuteronii asupra unei lame de beriliu. In acest caz are loc următoarea reacţie:

$$_4Be^9 + {}_1H^2 \longrightarrow {}_5B^{10} + {}_0\dot{n}^1$$

Beriliu Hidrogen Bor Neutron

Un ciclotron mare poate da câteva mii de miliarde de neutroni pe secundă.

## 4. FISIUNEA URANIULUI

Am arătat mai sus că în urma acţiunii neutronilor asupra diferitelor elemente, s'a obţinut o serie întreagă de elemente radioactive. S'a dovedit că în majoritatea cazurilor din atomii elementului supus acţiunii neutronilor se obţine un izotop al acestui element, a cărui

masă este mai mare cu o unitate. De exemplu, la bombardarea iodului, se obține iod radioactiv :

$$_{53}I^{127} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{53}I^{128} + \gamma$$

Iod — Neutron — Iod — Raze gama

Iodul 128 emite electroni ; timpul de înjumătățire al iodului este de 25 minute. Emițând un electron, iodul radioactiv se transformă în elementul următor din sistemul periodic, xenonul :

$$_{53}I^{128} \longrightarrow {}_{54}Xe^{128} + \beta^{-}$$

Iod — Xenon — Electron

Reacții analoage au loc și cu alte elemente.

S'ar putea presupune că dacă s'ar lua ultimul și cel mai greu element din sistemul periodic, uraniul, atunci sub acțiunea neutronilor s'ar putea forma din el un izotop radioactiv al uraniului care, emițând un electron, să se transforme într'un element care urmează după uraniu și care nu a fost găsit până acum în natură, element al cărui nucleu să aibă sarcina egală cu 93. Acest element ar ocupa pătrățelul al 93-lea din sistemul periodic.

Primele cercetări au arătat deja că din uraniu se obțin mai multe elemente radioactive.

La început, savanții au presupus că toate elementele radioactive obținute din uraniu sunt mai grele decât uraniul. S'a dovedit însă că această ipoteză este greșită. S'a arătat că unul din elementele obținute este un izotop al lantanului, altul un izotop al bariului. Apoi s'au găsit printre elementele obținute prin bombardarea uraniului : iod, xenon, cripton, brom, etc.

Bombardând uraniul cu neutroni, se obțin izotopi ai elementelor a căror sarcină nucleară este 1/3 până la 2/3 din sarcina nucleului de uraniu. Cum se pot obține astfel de elemente din uraniu ? Ce se întâmplă la iradierea lui ?



Scanned with OKEN Scanner

Sub acţiunea neutronilor atomii uraniului se scindează, se fisionează, în două fragmente mari, de exemplu fragmente cu sarcinile 56 (bariu) şi 36 (cripton) sau 57 (lantan) şi 35 (brom) ; suma sarcinilor fiecărei perechi este egală cu sarcina uraniului : 92.

Ca urmare a unei astfel de fisiuni se eliberează o energie imensă, care este de milioane de ori mai mare decât energia de ardere a celui mai bun combustibil. Dacă toţi atomii care se află într'un gram de uraniu s'ar scinda, atunci s'ar degaja o energie egală cu 8 miliarde kilogrametri sau 20 de milioane calorii. Cu ajutorul acestei energii se pot ridica 8.000 de tone la înălţimea de 1 km sau se pot încălzi 200 de tone de apă dela 0 grade la 100 de grade. Această energie este suficientă pentru ca 15.000 de becuri de câte 60 de waţi să ardă timp de 24 de ore.

Fisiunea uraniului a deschis calea spre eliberarea energiei intraatomice şi a pus în mâna omului o sursă de energie de o putere nemaipomenită. Aceasta s'a întâmplat în anul 1939. Curând după aceasta, s'a reuşit să se construiască o instalaţie — *reactorul nuclear,* în care energia degajată prin fisiunea uraniului poate fi folosită.

In reactorul nuclear de uraniu se strâng cantităţi enorme de elemente radioactive — produse ale fisiunii uraniului. Ele se extrag din uraniul din reactor şi pot servi ca mijloace de cercetare care vor fi descrise în capitolele următoare din cărticica noastră.

Cu ajutorul ciclotronului şi al reactorului nuclear, s'au efectuat un număr mare de transmutaţii nucleare şi s'a obţinut izotopii radioactivi ai tuturor elementelor din sistemul periodic al lui Mendeleev. S'au obţinut elemente care n'au fost găsite în natură şi care au numerile de ordine 43 (tehneţiu), 61 (prometiu), 85 (astatiniu) şi 87 (franciu), precum şi aşa numi-



Scanned with OKEN Scanner

## TABLOU AL UNOR IZOTOPI RADIOACTIVI ARTIFICIALI CARE SE FOLOSESC IN PRACTICĂ

| Denumirea elementului | Simbolul izotopului | Timpul de înjumătățire |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Hidrogen | $_{1}H^{3}$ (T) | 12,46 ani |
| Carbon | $_{6}C^{14}$ | 6000 ani |
| Sodiu | $_{11}Na^{24}$ | 14,8 ore |
| Fosfor | $_{15}P^{32}$ | 14,295 zile |
| Sulf | $_{16}S^{35}$ | 87,1 zile |
| Potasiu | $_{19}K^{42}$ | 12,44 ore |
| Calciu | $_{20}Ca^{45}$ | 152 zile |
| Fier | $_{26}Fe^{59}$ | 45,5 zile |
| Cobalt | $_{27}Co^{60}$ | 5,03 ani |
| Cupru | $_{29}Cu^{64}$ | 12,88 ore |
| Zinc | $_{30}Zn^{65}$ | 250 zile |
| Arsen | $_{33}As^{76}$ | 26,8 ore |
| Brom | $_{35}Br^{82}$ | 36 ore |
| Argint | $_{47}Ag^{110}$ | 270 zile |
| Iod | $_{53}I^{131}$ | 8 zile |
| Bariu | $_{56}Ba^{140}$ | 12,8 zile |
| Wolfram | $_{74}W^{185}$ | 77 zile |
| Aur | $_{79}Au^{198}$ | 2,7 zile |



Scanned with OKEN Scanner

tele elemente *transuraniene* (care în sistemul periodic sunt dispuse după uraniu) cu numerele de ordine dela 93—100.

O mare importanță practică au căpătat acele elemente radioactive, al căror timp de înjumătățire nu este prea mic și care pot fi ușor obținute. In tabela din pag. 40 se dau unii izotopi radioactivi artificiali, care se folosesc în diferite cercetări.

## IV. ATOMII RADIOACTIVI — ATOMI MARCAȚI

### 1. CUM SE POATE DETECTA PREZENȚA ELEMENTELOR RADIOACTIVE?

Știm deja că același element poate avea izotopi radioactivi și neradioactivi. Izotopii se deosebesc între ei prin numărul de neutroni care intră în compoziția nucleelor lor. Atomii fosforului natural neradioactiv au numărul de masă 31 și nucleele lor conțin 15 protoni și 16 neutroni, iar nucleele atomilor radioactivi cu numărul de masă 32 conțin 15 protoni și 17 neutroni.

Separarea atomilor radioactivi ai fosforului de atomii neradioactivi este extrem de dificilă. In toate procesele naturale obișnuite, atomii radioactivi și cei neradioactivi ai fosforului au absolut aceeași comportare. Dacă luăm îngrășăminte cu fosfor, care conțin atât atomi de fosfor radioactiv cât și atomi neradioactivi, planta va absorbi în aceeaș măsură și moleculele cu atomi radioactivi și cele cu atomi neradioactivi. Dacă se arde fosfor care conține și atomi radioactivi și atomi neradioactivi, aceștia se vor uni în același fel cu oxigenul. Atomii radioactivi, însă, se deosebesc de atomii neradioactivi prin aceea că mai



Scanned with OKEN Scanner

de vreme sau mai târziu, ei suferă o transformare radioactivă. Fiecare transformare radioactivă este însoţită de emisia unui anumit fel de raze, şi aceste raze pot fi detectate.

Prin urmare, radioactivitatea constitue un marcaj care permite să se deosebească atomii între ei.

Savanţii folosesc pe scară largă elementele radioactive pentru a marca anumite molecule, a căror soartă vor s'o urmărească. Pentru efectuarea experienţei, se prepară întâi elementele radioactive artificiale, iar apoi substanţele necesare, în care o parte a moleculelor conţine atomi radioactivi.

Intr'o transformare radioactivă, atomul emite particule alfa sau beta (electroni, pozitroni) sau raze gama. Aceste raze acţionează asupra unei plăci fotografice tot aşa cum acţionează lumina. Am vorbit despre primele experienţe ale lui Becquerel, în care fenomenul de radioactivitate a fost descoperit cu ajutorul plăcilor fotografice. Astăzi, savanţii folosesc pe larg fotografierea pentru a descoperi elementele radioactive. Această metodă a fost numită *radiografie*, iar fotografia obţinută *radioautografie*. Pentru a obţine radioautografia unui obiect, care conţine un element radioactiv, se aplică obiectul în întuneric pe o placă fotografică, pentru câtva timp ; apoi placa se developează. In locurile unde a acţionat radiaţia radioactivă, apare o înnegrire. Cu acest negativ se obţine apoi fotografia. Pe această fotografie, locurile luminoase corespund porţiunilor în care este aglomerat elementul radioactiv. In fig. 13 este dat radioautografia unui mineral care conţine uraniu.

Radiaţia radioactivă mai poate fi descoperită în felul următor. Să ne imaginăm un cilindru cu piston în care s'au introdus vapori de apă pură. Cu ajutorul pistonului, mărim volumul ocupat de vapori în aşa fel, încât vaporii să se suprarăcească. Dacă în cilindru



Scanned with OKEN Scanner

nu se află particule încărcate cu electricitate, vaporii rămân vapori. Dacă în cilindru există particule încărcate cu electricitate, de exemplu ioni, atunci începe să se formeze o ceață — ionii servesc drept centre în jurul cărora se formează picături mărunte de apă. Deoarece particulele alfa și beta ionizează aerul, pe traiectoria fiecărei particule alfa și a fiecărui electron apar fășii de ceață. Fășiile pot fi observate sau fotografiate (fig. 14) și după aceste fășii putem număra diferitele particule emise de atomii radioactivi. Pe acest principiu este construit un aparat special — *camera Wilson.*

Fig. 13. Radioautografia unui mineral care conține uraniu. Negativul. Locurile întunecate indică locurile unde este dispus elementul radioactiv.

Datorită radiației radioactive, aerul devine bun conducător de electricitate. Așezăm substanța radioactivă într'o cameră metalică (fig. 15) în centrul căreia este fixată o tijă metalică care nu atinge pereții camerei. O astfel de cameră se numește *cameră de ionizare.* Camera și tija le legăm la o baterie electrică. Datorită prezenței substanței radioactive, aerul se ionizează și între perete și tijă va trece un curent electric. Acest curent este cu atât mai mare, cu cât radiația este mai



Scanned with OKEN Scanner

intensă. Intensitatea curentului poate fi măsurată cu ajutorul camerei de ionizare prevăzută cu un *electrometru*. Electrometrul este un aparat în care un fir metalic extrem de subțire, legat de tija camerei metalice, se află între două plăci încărcate cu electricitate de semn contrar. Dacă firul este legat cu pământul, atunci curentul electric se scurge în pământ. Dacă se întrerupe legătura între fir și pământ, atunci pe tijă și pe fir se vor strânge sarcini electrice, iar firul se va deplasa spre placa încărcată cu electricitate de semn contrar. Deplasarea firului

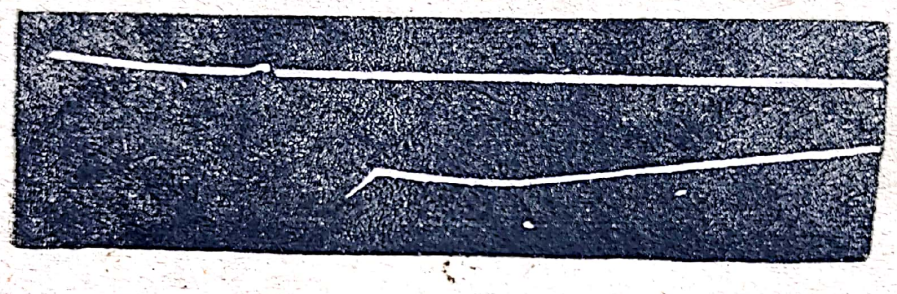

Fig. 14. Urme de particule alfa, fotografiate în camera Wilson.

se face cu atât mai repede, cu cât în camera de ionizare se află mai multă substanță radioactivă. Mișcarea firului se observă în microscop. Viteza mișcării firului este o măsură a intensității radiației radioactive.

Un aparat răspândit astăzi pentru înregistrarea radiației radioactive, este contorul *Geiger-Müller* (fig. 16), construit în felul următor. In interiorul unui mic tub metalic este întins un fir metalic. Firul este izolat față de tub. Tubul se umple cu argon și cu vapori de alcool, apoi se leagă la o sursă de tensiune continuă de 1.000—2.000 volt. Prin intermediul unei rezistențe mari firul se leagă de pământ.

Dacă un electron, un pozitron sau o rază gama pă-



Scanned with OKEN Scanner

trunde în interiorul tubului, atunci gazul din tub devine bun conducător de electricitate, și între tub și fir trece repede un curent electric. Acest impuls de curent — descărcarea — se transformă cu ajutorul unui aparat special într'un impuls mecanic, care mută arătătorul unui numărător electric cu o diviziune. Dacă în tub pătrunde un al doilea electron, atunci contorul înregistrează a doua deplasare a arătătorului sau, cum se spune în mod obișnuit, al doilea impuls. Prin urmare, contorul Geiger-Müller poate număra diferitele particule și prin urmare, poate înregistra diferitele transformări ale atomilor.

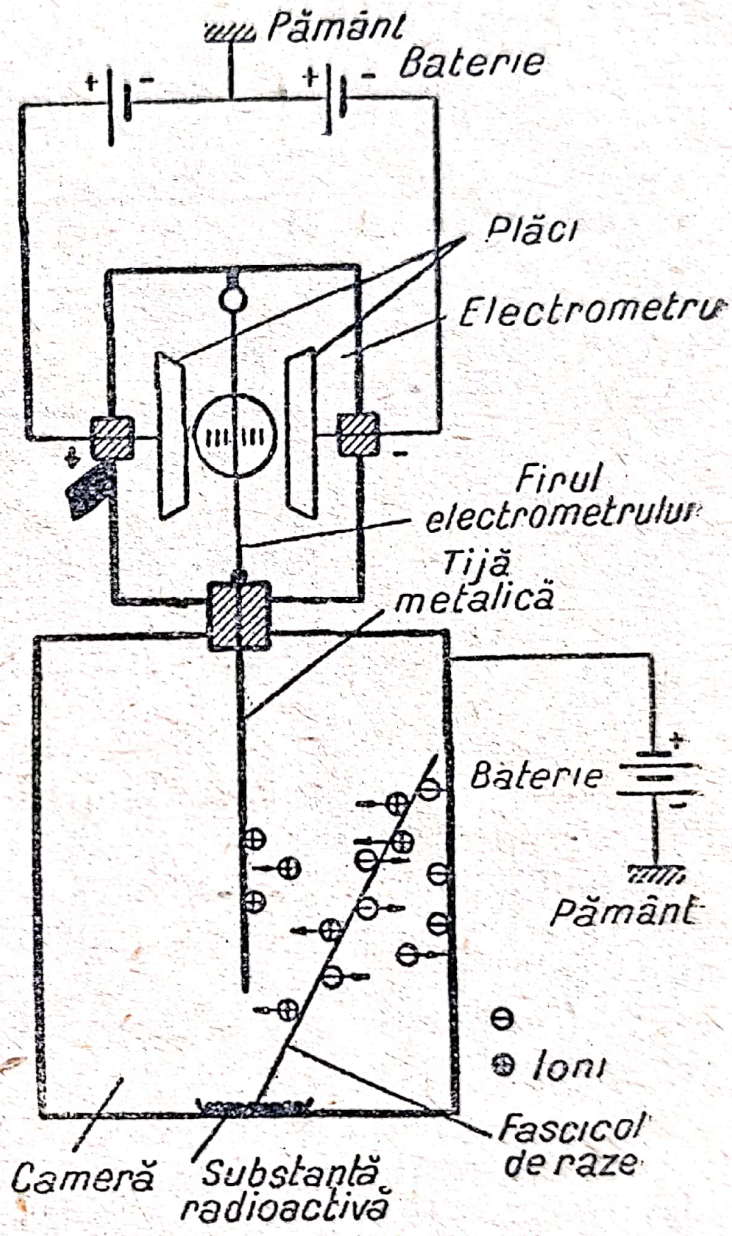


Fig. 15. Schema unei camere de ionizare cu electrometru.

Particulele alfa pot fi observate și numărate deasemenea cu ajutorul *scintilațiilor,* scânteieri luminoase care apar dacă o particulă alfa cade pe un ecran de sulfură de zinc. Scintilația poate fi observată în întuneric cu ajutorul unui microscop.



Scanned with OKEN Scanner

Am făcut cunoștință cu metodele de înregistrare ale radiațiilor radioactive. Să vedem acum în ce fel pot fi folosiți atomii marcați pentru rezolvarea diferitelor probleme puse de știință și de producție.

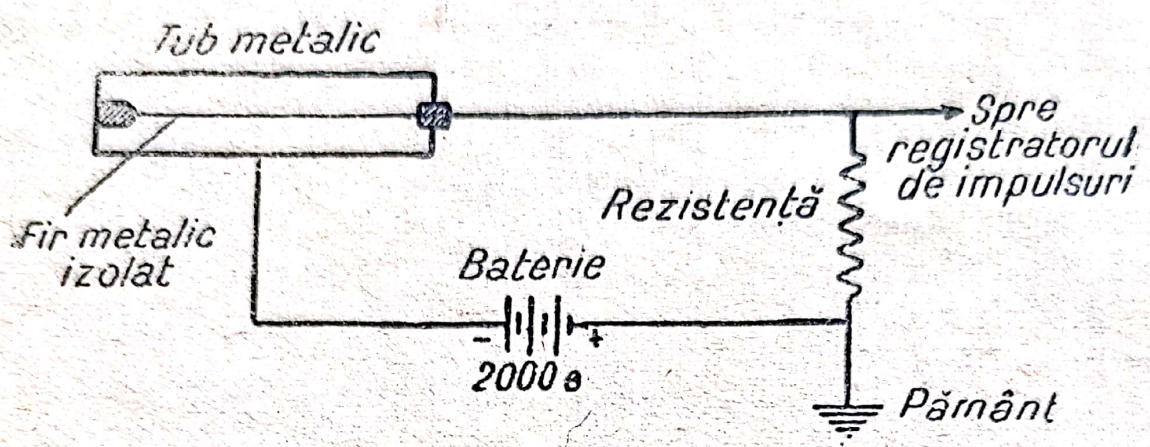


Fig. 16. — Schema contorului Geiger-Müller.

## 2. INCOTRO SE DUCE FOSFORUL?

Pentru studiul activității vitale a unui organism oarecare este foarte important să se cunoască ce drum parcurg în organism diferitele elemente chimice.

In componența substanțelor cu care se hrănesc organismele vii intră diferite elemente. Pentru a determina rolul fiecăruia dintre ele pentru diferitele viețuitoare trebue să se studieze mișcarea elementelor în organism.

Fosforul este necesar pentru hrana plantelor. Plantele îl extrag din sol sub formă de săruri ale acidului fosforic — fosfați. Dacă în sol se resimte o lipsă de fosfor, i se adaugă fosfați sub formă de îngrășăminte.

Să încercăm să urmărim cu ajutorul atomilor marcați mișcarea fosforului din îngrășăminte. In acest scop luăm un fosfat care conține atomi radioactivi de fosfor, îi disolvăm în apă și cu această soluție udăm solul în care se află rădăcinile plantelor. După câteva zile, tăiem planta, o aplicăm pe o placă fotografică,

expunerea durând câteva ore. Pe copiile fotografice ale plăcilor developate părţile luminoase indică locurile unde sunt dispuşi atomii de fosfor radioactiv, indică drumul fosforului în plantă (fig. 17).

Să vedem acum ce se întâmplă cu sarea acidului fosforic în organismul unui şobolan. Experienţa se face în felul următor. Se inoculează, subcutan, şobolanului o soluţie de fosfat disodic care conţine fosfor radioactiv. După un anumit interval de timp, şobolanul se sacrifică. Din diferite părţi ale corpului şobolanului se ia câte un gram de ţesut şi se arde. Apoi se determină cu ajutorul unui contor Geiger-Müller intensitatea radioactivităţii cenuşei obţinute după arderea fiecărui fel de ţesut. Radioactivitatea sau, cum vom spune mai departe, activitatea, se exprimă prin numărul de impulsuri marcate de contor în unitatea de timp. Activităţile măsurate se adună şi luând totalul ca 100%, se calculează procentul de activitate în fiecare fel de ţesut. Rezultatele unei astfel de experienţe sunt date în tabloul de mai jos.

REPARTIZAREA FOSFORULUI MARCAT, IN DIFERITE ORGANE ALE UNUI ŞOBOLAN, LA 4 ORE DUPĂ INJECŢIA SUBCUTANĂ

| Organul sau ţesutul | Conţinutul $P^{32}$ în % |
|---|---|
| Oase | 22,6 |
| Muşchi | 18,7 |
| Ficat | 17,6 |
| Tractul digestiv | 15,9 |
| Piele | 11,1 |
| Plămâni şi inimă | 6,3 |
| Sânge | 2,5 |
| Rinichi | 2,4 |
| Fiere | 1,3 |
| Creier | 0,02 |



Scanned with OKEN Scanner

Apoi se repetă aceste experienţe cu un al doilea, al treilea, al patrulea şobolan, care însă se sacrifică după diferite intervale de timp şi se determină variaţia în timp a cantităţii de fosfor radioactiv în diferitele ţesuturi sau organe ale şobolanului. In tabela de mai jos se arată cum variază în timp cantitatea de fosfor radioactiv în muşchii şi în scheletul şobolanilor.

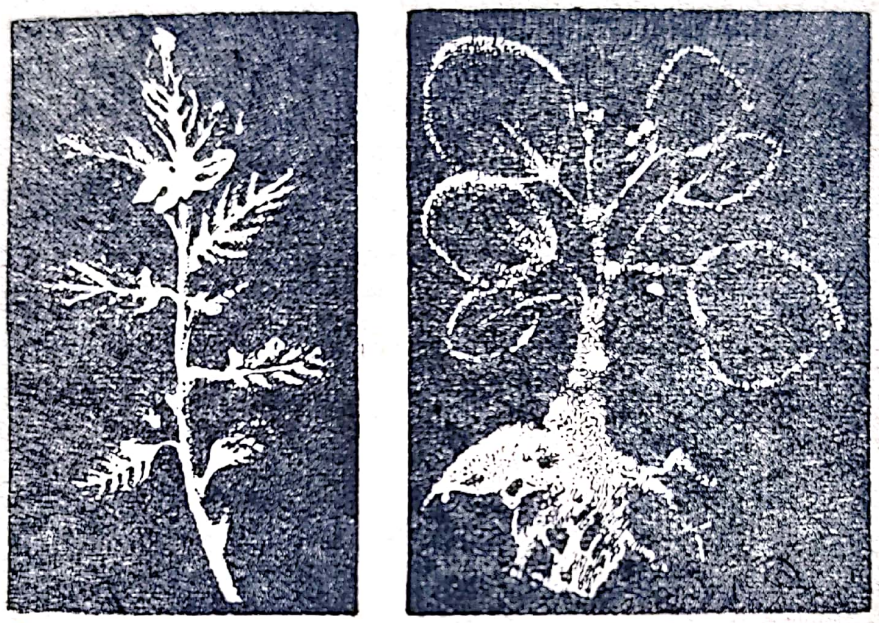

Fig. 17. Radioautografii de plante care au absorbit fosfaţi conţinând fosfor radioactiv. La stânga — o ramură de pătlăgele roşii, la dreapta — o begonie.

O parte însemnată a fosforului radioactiv inoculat sub pielea şobolanului, ajunge după 1/2 oră în oase; mai departe procesul de acumulare a fosforului în oase se face mai încet, însă continuu. In muşchi conţinutul în fosfor radioactiv ajunge la maximum după 20 zile, iar apoi începe să scadă. Acumularea de fosfor radioactiv în oase se descoperă uşor, dacă se aplică un os tăiat, pe o placă fotografică şi se menţine astfel un timp oarecare. Radiaţia fosforului radioactiv lasă urme negre pe placă. In fig. 18, în stânga, este dată



Scanned with OKEN Scanner

radioautografia unui șobolan, căruia i s'a inoculat fosfor radioactiv sub piele.

VARIAȚIA IN TIMP A CANTITĂȚII DE FOSFOR MARCAT IN SCHELETUL ȘI MUȘCHII ȘOBOLANILOR

| Țesutul | Timpul după introducerea fosforului marcat | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ore | | Z i l e | | | | |
| | 0,5 | 4 | 10 | 20 | 30 | 50 | 98 |
| Schelet . . | 19,1 | 23,4 | 43,1 | 49,1 | 51,8 | 76,5 | 92,0 |
| Mușchi . . | 18,3 | 19,4 | 25,8 | 28,8 | 25,2 | 12,1 | 3,6 |

Stronțiul care ajunge în organismul unui șobolan, se acumulează, ca și fosforul, în oase (fig. 18 dreapta).

Fosforul care pătrunde împreună cu alimentele în stomacul unui animal, trece mai întâi în sânge, iar din sânge ajunge în oase, mușchi și în alte țesuturi.

Ce se întâmplă mai departe cu atomii de fosfor?

Pentru a se răspunde la această întrebare, trebuie urmărită un timp mai îndelungat soarta atomilor marcați introduși în organism.

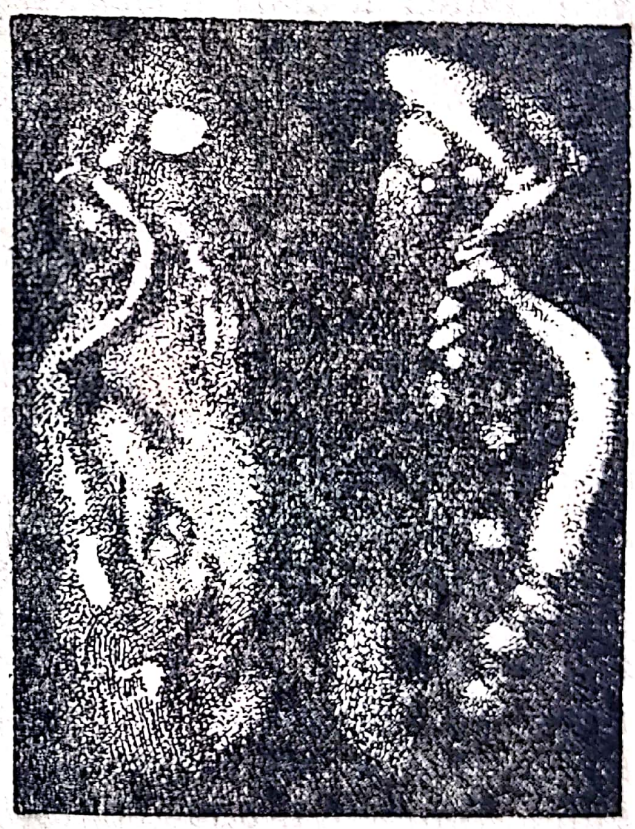

Fig. 18. La stânga radioautografia unui șobolan căruia i s'a inoculat sub piele fosfor radioactiv. La dreapta radioautografia unui șobolan în oasele căruia s'a acumulat stronțiu radioactiv.



Scanned with OKEN Scanner

Sângele furnizează oaselor doze noi de fosfor. Oasele absorb fosforul adus de sânge, iar acel fosfor care a existat în oase, este eliminat din ele, și eliminat apoi din organism. *Are loc un schimb neîntrerupt de atomi nu numai în oase ci și în alte țesuturi ale organismului animal.* Toate acestea se confirmă cu ușurință cu ajutorul atomilor marcați: fosforul radioactiv introdus în organism, este mai întâi absorbit de diferitele țesuturi, iar apoi începe să apară în urină și în excremente.

Am fi putut măcar visa, fără atomii radioactivi că vom putea urmări mișcarea fosforului în organism? Bineînțeles că nu.

Cercetări analoage s'au efectuat cu multe alte elemente.

### 3. DRUMUL ATOMILOR DE SODIU

Ați băut un pahar cu apă în care s'a disolvat sare de bucătărie. Sarea de bucătărie este clorură de sodiu, adică o combinație între sodiu și clor. Unde se duc moleculele clorurii de sodiu din stomac? Răspunsul la această întrebare îl dă sodiul radioactiv, care poate fi introdus în moleculele de sare. Dacă beți din soluția unei astfel de sări și strângeți în mână un contor Geiger-Müller, atunci după câteva minute, contorul arată că în mână au apărut atomi radioactivi de sodiu, care se desintegrează, emițând electroni și raze gama. Sângele a adus sodiul radioactiv în mâna dumneavoastră, ceeace se poate dovedi ușor, luând o probă de sânge și verificând cu ajutorul aceluiaș contor dacă conține sodiu radioactiv.

In decursul unei ore cea mai mare parte a clorurii de sodiu pătrunde în sânge. Clorura de sodiu este transportată de sânge în tot corpul și din sânge ajunge în așa numita plasmă, iar apoi trece treptat



Scanned with OKEN Scanner

în rinichi și este eliminată din organism. In urină se pot descoperi cantități mici de sodiu radioactiv chiar la 10 minute după ce a ajuns în stomac. Clorura de sodiu, ca și fosforul, există totdeauna în organismul viu ; clorura de sodiu, nou introdusă, înlocuește clorura de sodiu care a existat înainte în organism.

## 4. SOARTA IODULUI

Cum și unde să găsim în imensa lume a atomilor din corpul nostru iodul pe care îl înghițim împreună

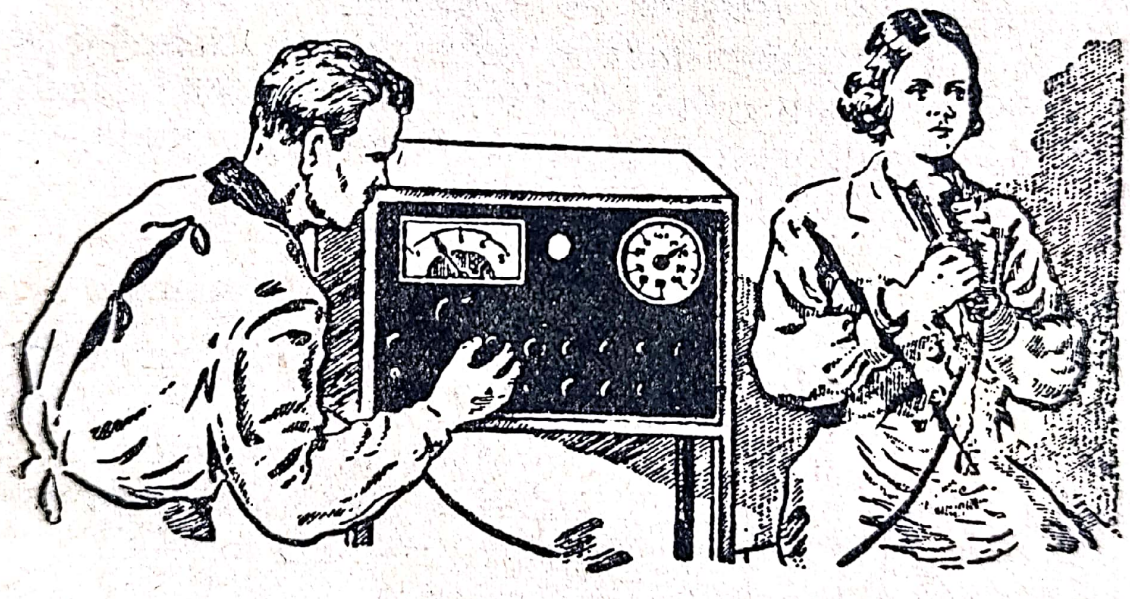

Fig. 19. Contorul Geiger-Müller înregistrează acumularea iodului radioactiv în glanda tiroidă.

cu alimentele, cu apa, sau sub formă de medicamente ?

Și această problemă a putut fi rezolvată folosind atomii marcați. I se dă unui om să bea o soluție de câteva milionimi de gram de iodură de potasiu, care conține iod radioactiv. Iodul radioactiv emite raze gama. Dacă după introducerea iodurii de potasiu se aplică contorul Geiger-Müller pe gâtul omului acolo



Scanned with OKEN Scanner

unde se află glanda tiroidă, atunci după câteva minute, contorul arată că atomii de iod radioactivi au pătruns în glanda tiroidă (fig. 19). Iodul se acumulează treptat în glandă. Dacă în organism se introduce mult iod, glanda tiroidă poate să absoarbă numai câteva procente, iar dacă se introduce o cantitate mică de iod, atunci în glandă se strânge până la 65% din iodul introdus.

Biologii și medicii folosesc pe scară largă atomii marcați pentru a studia în ce fel pătrund diferitele substanțe în organism și cum se repartizează. Cu ajutorul atomilor marcați s'a reușit să se urmărească drumul medicamentelor în organism.

Metoda atomilor marcați s'a dovedit deosebit de rodnică pentru studiul diferitelor procese biologice și mii de savanți aplică în prezent această metodă.

## 5. ASTATINIUL

Știți oare ceva despre astatiniu ?

Astatiniu este un element chimic. Mendeleev a prevăzut existența acestui element, pentru care a lăsat liber al 85-lea pătrățel din sistemul periodic ; el a numit acest element *eca-iod* și a prezis că proprietățile sale vor fi asemănătoare cu cele ale iodului.

Acest element n'a putut fi găsit în natură.

In anul 1940 un grup de savanți a bombardat bismutul metalic cu particule alfa, obținute dintr'un ciclotron. A avut loc o reacție nucleară și s'a obținut un element nou, cu sarcina nucleară 85 și cu greutatea atomică 211 :

$$_{83}Bi^{209} + {}_{2}He^{4} \longrightarrow {}_{85}At^{211} + 2{}_{0}n^{1}$$

Bismut — Particule alfa — Astatiniu — Neutroni

Acesta este eca-iodul. El a fost numit astatiniu (At), ceeace în limba greacă înseamnă nestabil ; ele-



Scanned with OKEN Scanner

mentul obţinut este radioactiv. Studiul proprietăţilor sale chimice a arătat că Mendeleev a avut dreptate. Astatiniul seamănă într'adevăr foarte mult, în ceeace priveşte proprietăţile sale, cu iodul.

Savanţii au hotărît să încerce cum se va comporta astatiniul în organismul animalelor? Se va comporta oare acest element la fel ca iodul? In acest scop s'a inoculat sub pielea unor cobai o soluţie care conţinea astatiniu. Observaţiile făcute cu ajutorul contorului Geiger-Müller au arătat că după o zi, 10% din astatiniul introdus a pătruns în glanda tiroidă a cobaiului. Comportarea astatiniului în organism este aceeaşi ca a iodului, însă astatiniul acumulează în glanda tiroidă cantităţi relativ mai mici.

## 6. ROLUL FIERULUI

Animalele ca şi oamenii nu pot trăi fără fier. Fierul intră în componenţa hemoglobinei, iar hemoglobina este substanţa principală din care sunt compuse globulele roşii ale sângelui — eritrocitele. Eritrocitele transportă oxigenul dela plămâni în toate colţurile organismului complicat al animalului. Acest transport se face cu ajutorul atomilor de fier, care în plămâni se combină cu oxigenul, iar în ţesuturile corpului îl cedează.

Cum se poate urmări mişcarea şi repartizarea fierului în organismul viu? Unde se acumulează rezervele de fier? Atomii marcaţi ajută la rezolvarea acestei probleme.

Pentru efectuarea experienţelor se folosesc izotopii radioactivi ai fierului, care se introduc împreună cu alimentele în stomacul animalului. Apoi se măsoară cu ajutorul contorului Geiger-Müller cantitatea de fier radioactiv din sânge şi din diferitele organe.



Scanned with OKEN Scanner

Ca urmare a numeroaselor cercetări s'au stabilit următoarele :

Pătrunzând în organism împreună cu alimentele, fierul este absorbit de mucoasa duodenului și a intestinului subțire. Mai departe, el intră în componența substanței albuminoide *feritina*. Feritina se acumulează mai ales în ficat și în fiere.

Dacă organismul este sănătos, atunci sângele, mușchii și alte organe conțin o anumită cantitate de fier, mucoasele intestinelor sunt îmbibate cu fier, iar ficatul și fierea conțin o rezervă de feritină. Doze noi de fier introduse în stomac, sunt aproape în întregime eliminate de organism. Este însă suficient să se ia din vena unui animal o cantitate oarecare de sânge, ca imediat să înceapă o puternică absorpție de fier.

Fierul din feritină se transformă în măduva oaselor în hemoglobină, care este inclusă în eritrocitele care se formează acolo. La oamenii anemici are loc o asimilare intensă a fierului.

Fierul rămâne în eritrocite, până în momentul distrugerii lor. Fierul care se află în eritrocite, nu trece în plasma sângelui, fierul care se află în plasma sângelui, nu poate să pătrundă în eritrocite.

Interesantă este și următoarea experiență. Dacă se introduce în vena unui animal sau a unui om un anumit volum de sânge, ale cărui eritrocite conțin fier radioactiv, se poate determina volumul total de sânge. In acest scop, la 24 ore după introducerea sângelui, se ia animalului o cantitate de sânge egală cu cantitatea introdusă, și se măsoară activitatea ei cu ajutorul contorului Geiger-Müller. Intre activitatea obținută și activitatea introdusă, este același raport ca între cantitatea de sânge introdus și cantitatea totală de sânge.

Cu ajutorul fierului radioactiv s'au studiat : problemele relative la conservarea sângelui donatorilor de



Scanned with OKEN Scanner

sânge, acțiunea plasmodiului malariei asupra eritrocitelor, etc...

## 7. LUPTA IMPOTRIVA BOLILOR

Savanții folosesc demult elementele radioactive în scopuri terapeutice. Astfel, de exemplu, radiația radiului sau a radonului se folosește cu succes pentru tratarea cancerului. Elementele radioactive se folosesc la studierea mijloacelor pentru vindecarea hipertensiunii — a presiunii mărite a sângelui.

Medicamentele pentru bolnavii de hipertensiune, trebuie să dilate vasele sanguine, permițând în acest fel o circulație a sângelui mai liberă și mai rapidă. Inainte, pentru a determina acțiunea diferitelor medicamente folosite pentru vindecarea maladiei hipertonice, trebuia să se încerce timp îndelungat acțiunea lor.

Cu ajutorul atomilor marcați, problema alegerii medicamentului se rezolvă simplu și rapid. Inainte de încercarea medicamentului, omul inhalează aer amestecat cu xenon radioactiv, care emite raze gama. Cu ajutorul contorului Geiger-Müller se marchează momentul când xenonul radioactiv ajunge în vasele sanguine ale pieptului, la coate, la genunchi, la degetele mâinilor și ale picioarelor. Aceleași măsurători se repetă după ce bolnavul a luat medicamentul. Dacă bolnavul lărgește vasele sanguine, atunci viteza circulației sângelui crește, iar timpul în care xenonul trece împreună cu sângele dela plămâni, la coate, genunchi și degete, se reduce.

Cu ajutorul atomilor radioactivi se poate determina locul unde se află o tumoare. Se introduce în organism o substanță care conține atomi radioactivi și care este absorbită de tumoare. Radiația radioactivă indică locul unde se află tumoarea. Deosebit de important este de a se determina poziția unei tumori în creier înainte



Scanned with OKEN Scanner

de operație, deoarece la operație trebuie să se facă trepanația craniului.

## 8. COC-SAGÂZUL

Coc-sagâzul este o plantă care crește sub formă de tufiș. Rădăcinile coc-sagâzului sunt o materie primă foarte valoroasă, din care se obține cauciuc. Până acum de curând, nu se știa cum se formează în rădăcinile coc-sagâzului sucul lăptos care conține cauciuc.

Cu ajutorul atomilor marcați s'a stabilit că în frunzele coc-sagâzului bioxidul de carbon absorbit din aer se transformă în zahăr, iar acest zahăr se transformă în suc lăptos. In sucul lăptos din zahăr se formează cauciuc. Acest lucru s'a dovedit în felul următor. Frunzele coc-sagâzului s'au uns cu o soluție de zahăr ale cărei molecule conțineau atomi de carbon radioactiv. Frunzele absorbeau zahărul. După anumite intervale de timp s'a luat din rădăcinile coc-sagâzului câte o picătură de suc lăptos. Radioactivitatea picăturilor se măsura cu ajutorul contorului Geiger-Müller. Radioactivitatea picăturilor era cu atât mai mare, cu cât trecuse mai mult timp din momentul ungerii frunzelor cu zahăr.

## 9. NATURA MARCHEAZĂ UNII ATOMI

Din spațiul interplanetar ajung la pământ fascicole de raze, care au fost denumite raze cosmice.

Razele cosmice sunt un flux de protoni și de alte nuclee atomice care se mișcă cu viteză mare. In drumul lor prin atmosferă aceste raze sfărâmă atomii azotului și ai altor gaze care se află în aer. Ca urmare a acestui proces, se formează frânturi de atomi — protoni, neutroni, electroni, pozitroni și mezoni — (parti-



Scanned with OKEN Scanner

cule cu o masă egală cu aproximativ 200 și 300 de mase electronice, și cu o sarcină egală cu sarcina electronului).

Astfel, razele cosmice conțin toate felurile de particule mai sus enumerate. Aceste particule se mișcă cu o viteză enormă și intră din nou în interacțiune cu atomii pe care îi întâlnesc în cale. Interacțiunea dintre mezoni și substanțele materiale constă în distrugerea completă a unor atomi și formarea de neutroni, protoni, electroni și pozitroni. Neutronii și protonii trans-

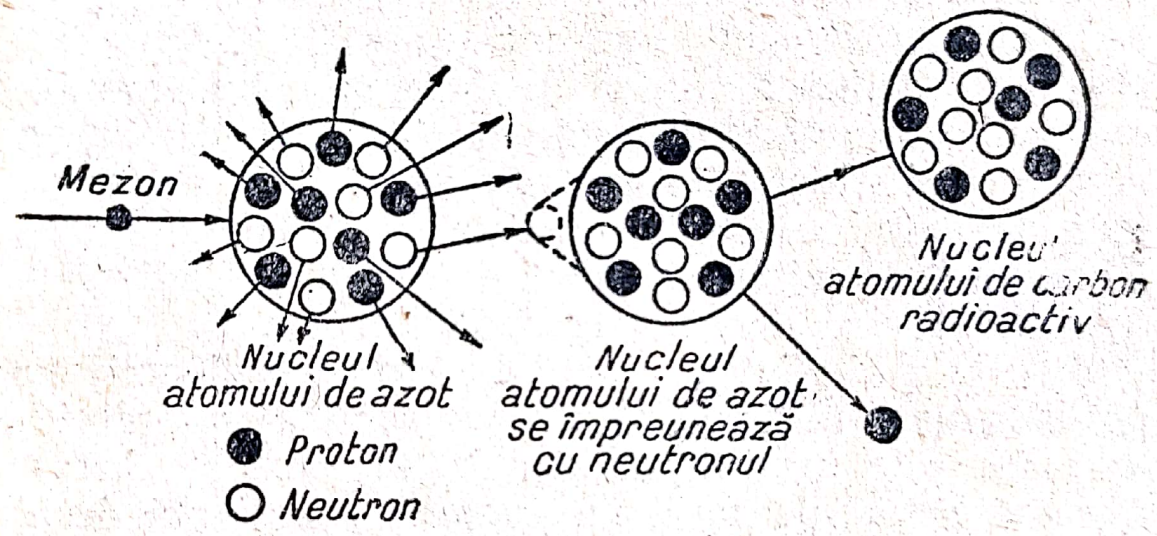


Fig. 20. Schema de formare a carbonului radioactiv sub acțiunea razelor cosmice asupra atomilor de azot.

portă o energie mare. Datorită interacțiunii lor cu atomii, se formează elemente radioactive. Ca urmare a ciocnirilor dintre neutroni și atomii azotului, se formează carbon radioactiv cu masa 14, al cărui timp de înjumătățire este de aproximativ 6000 ani (fig. 20). Acest proces are loc în atmosfera pământului pe o scară imensă.

Razele cosmice vin din spațiul cosmic cu aceeaș intensitate ziua ca și noaptea, iarna ca și vara. Intensitatea razelor cosmice nu variază în decursul secolelor. Acest lucru are ca urmare că din azotul atmos-



Scanned with OKEN Scanner

ferii noastre se formează cu aceeaș viteză în decursul unui timp îndelungat carbon radioactiv, iar din acesta — bioxid de carbon radioactiv.

Bioxidul de carbon care se află în atmosferă este absorbit de plante și se transformă în hidrați de carbon. Hidrații de carbon cu carbonul radioactiv pe care îl conțin, ajung din plante, prin hrană, în organismul animalelor. Insăși natura marchează substanța așa cum o marchează și cercetătorii în laboratoare. Cantitatea de bioxid de carbon radioactiv din atmosferă este constantă, deoarece atât viteza de formare cât și viteza de desintegrare sunt constante (vezi pag. 28). De-aceea și fracțiunea de carbon radioactiv din organismele vii este perfect determinată. Un gram de carbon dintr'o celulă, luată din orice plantă conține același număr de atomi de carbon radioactiv, și anume circa 50 miliarde atomi, independent de specia căreia îi aparține planta și de locul unde crește ea.

Din 50 miliarde de atomi de carbon radioactiv se desintegrează în două minute numai 21 atomi (desintegrarea este însoțită de emisie de particule beta). Această activitate mică nu poate fi constatată decât cu foarte mari dificultăți.

In plante, atomii de carbon radioactiv care se desintegrează, sunt înlocuiți prin cei din bioxidul de carbon din atmosferă. In organismele animale completarea carbonului se face pe seama plantelor.

Dar dacă planta sau animalul piere? In acest caz în locul atomilor de carbon radioactiv care se desintegrează nu vor veni noi atomi din atmosferă. Numărul de atomi de carbon radioactiv din organismul mort se va micșora conform legii desintegrării radioactive: după 6000 de ani cantitatea de carbon radioactiv se micșorează la 1/2, după 12.000 de ani — la 1/4, după 18.000 de ani — la 1/8, etc. Deaceea, carbonul radioactiv poate servi drept ceasornic cu ajutorul



Scanned with OKEN Scanner

căruia se poate determina timpul când a pierit un animal sau o plantă.

Savanţii s'au folosit de acest ceasornic pentru determinarea vârstei aşezărilor străvechi.

Să ne închipuim că efectuând săpături într'o aşezare antică, s'a găsit o bucată de lemn. Cu ajutorul contorului Geiger-Müller putem determina numărul de atomi de carbon radioactiv conţinuţi într'un gram de carbon pur din lemn, iar apoi putem calcula când a fost tăiat acest copac, şi astfel putem determina epoca din care a făcut parte această aşezare. Aşa s'a determinat vârsta multor obiecte găsite la săpături.

Prin metoda descrisă se poate determina fără îndoială vârsta rocilor care conţin compuşi ai carbonului, de origine vegetală sau animală, dacă vârsta nu depăşeşte câteva zeci de mii de ani. Această limitare se datoreşte faptului că după 60.000 ani, adică după un timp egal cu 10 timpuri de înjumătăţire, din numărul de atomi de carbon radioactivi care au existat, rămâne numai a mia parte, care nu mai poate fi detectată.

## 10. CEASORNICUL GEOLOGIC

Atomii radioactivi pot fi folosiţi pentru determinarea vârstei minereurilor. Raportul dintre uraniu şi plumb din minereurile de uraniu constitue un ceasornic geologic.

Uraniul natural se compune din trei izotopi cu numerele de masă 234, 235 şi 238. Uraniul cu numărul de masă 234 se numeşte uraniu II. El se obţine din uraniul I, cu numărul de masă 238, în urma unei serii de transmutaţii indicate în fig. 6. Continuarea desintegrărilor duce la formarea elementului stabil plumb. Uraniul 235 (numit actinouraniu) nu este legat de seria uraniului 238, însă, şi el trece în plumb în urma unei serii de transmutaţii.



Scanned with OKEN Scanner

Minereul de uraniu conține 99,28% uraniu 238, 0,714% uraniu 235 și 0,006% uraniu 234. Insă, cu un miliard de ani în urmă raportul era altul, deoarece viteza de desintegrare a uraniului 235 este diferită de cea a uraniului 238. Formarea plumbului din uraniu se petrece extrem de încet, deoarece timpurile de înjumătățire ale uraniului 238 și ale uraniului 235 sunt foarte mari. In 900 milioane ani, numărul de atomi de uraniu 235 scade la jumătate, iar din cantitatea de uraniu 238, care a existat atunci, rămâne 86%. In 2 miliarde ani, cantitatea de uraniu 235 s'a micșorat de 4,65 ori, iar cantitatea de uraniu 238, de 1,36 ori. Prin urmare, un gram de amestec natural de uraniu care se află astăzi în scoarța pământului, a rezultat din 1,35 grame uraniu 238 și 0,03 grame uraniu 235.

Acumularea plumbului în minereul de uraniu se supune legii de desintegrare radioactivă. Calculul arată că într'un milion de ani, se formează dintr'un gram de amestec natural de izotopi de uraniu, 0,000137 grame de plumb, iar după 10 milioane de ani 0,00136 grame de plumb. Dacă se ține seama de variația în timp a raportului dintre izotopii în amestec, se poate calcula cantitatea de plumb care s'a putut forma din uraniu într'un interval de timp mai mare. Se poate rezolva evident și problema inversă : să se determine cantitatea de uraniu și plumb în minereurile de uraniu și din raportul acestor cantități, să se calculeze timpul care a trecut din momentul formării minereului. La aceste raționamente se presupune că tot plumbul care se găsește în minereul de uraniu, s'a format din uraniu.

Această problemă interesantă se rezolvă în felul următor :

O bucată de minereu de uraniu se disolvă într'un amestec de acizi. Din soluția obținută se precipită plumbul pe cale chimică. Este însă foarte greu să se precipite tot plumbul. Atunci cum se poate ști ce can-



Scanned with OKEN Scanner

titate de plumb se află în minereu ? In acest scop se folosesc atomii marcaţi. Inainte de precipitarea plumbului, se adaugă soluţiei de minereu de uraniu o cantitate infimă din izotopul radioactiv al plumbului — radiu D. Radiul D este un produs al desintegrării radiului. El are un timp de înjumătăţire de 22 ani. Proprietăţile chimice ale radiului D şi ale plumbului sunt aceleaşi. Dacă se separă din soluţie, să zicem, a douăzecea parte din tot radiul D existent, atunci se separă *aceeaşi fracţiune de plumb*. Se poate determina uşor *cantitatea relativă* de radiu D, care se află în soluţie şi în precipitat — măsurând radioactivitatea acestora. Cunoscând raportul între cantitatea de radiu D disolvată şi cea separată şi determinând cantitatea de plumb separat, se calculează cantitatea totală de plumb, iar apoi se calculează timpul de formare al mineralului, de uraniu. Dacă acest mineral s'a format împreună cu întreaga masă a scoarţei pământului, atunci se poate determina astfel vârsta scoarţei pământului. Din astfel de calcule, rezultă că vârsta scoarţei pământului ar fi de aproximativ 2 miliarde de ani.

Determinarea vârstei geologice se poate face nu numai după plumb. La transmutaţia uraniului în plumb, în lanţul de transmutaţii, se emit 8 particule alfa, deci 8 atomi de heliu. Intr'un an se formează dintr'un gram de uraniu $1{,}1 \cdot 10^{-7}$ $mm^3$ de heliu. Heliul se strânge în minereul de uraniu şi poate fi extras din el. Determinând cantitatea de heliu din minereu, se poate calcula timpul care a trecut dela formarea minereului de uraniu. Insă acest calcul este mai puţin exact decât acel care se face cu plumbul, deoarece mineralele pierd în parte heliul gazos.

Vârsta scoarţei pământului poate fi determinată şi pe altă cale. Fisiunea uraniului are loc nu numai sub acţiunea neutronilor, ci se face şi spontan, însă încet. Acest fenomen a fost descoperit de fizicienii sovietici



Scanned with OKEN Scanner

Fleorov și Petrjac. Din cantitatea de produse provenite din desintegrarea spontană a uraniului, se poate determina vârsta mineralului care conține uraniu.

## 11. CAUTAREA MINEREURILOR

Cum se determină prezența diferitelor substanțe în scoarța pământului? In acest scop trebuie să se cerceteze probe luate dela diferite adâncimi din pământ, de exemplu la forarea unei sonde. Insă, analiza probelor este o muncă complicată și laborioasă. Atomii radioactivi pot ajuta pe geologi.

Dacă într'o sondă se coboară o cameră de ionizare, legată de un aparat care înregistrează activitatea (vezi pag. 49) se pot descoperi ușor zăcăminte de minerale care conțin elemente radioactive ca uraniul, toriul, potasiul, etc.

Cercetările au arătat că șisturile și calcarul fosforos au o radioactivitate mare, iar gresiile și calcarul în care s'ar afla zăcăminte de petrol, au o activitate redusă. Astfel se pot descoperi cu ajutorul camerei de ionizare, zăcămintele de petrol.

Rezultate prețioase dă măsurarea radiației, care ia naștere la coborîrea într'o sondă a unei surse de neutroni, care constă dintr'un amestec de radiu și beriliu. Sursa de neutroni se atârnă în partea de jos a camerei de ionizare și se izolează față de aceasta. Camera de ionizare înregistrează neutronii reflectați de rocile prin care trece sonda.

Inchipuiți-vă că o bilă de biliard în mișcare se ciocnește cu o bilă de crochet care stă nemișcată. Ce se va întâmpla? Bila mare de crochet se va urni, iar bila de biliard va fi respinsă. Dar ce se va întâmpla în cazul când bila de biliard se va ciocni cu o altă bilă de biliard? In acest caz, prima bilă se va mișca



Scanned with OKEN Scanner

mai încet, iar a doua bilă va fi pusă în mișcare. Același lucru se întâmplă și cu neutronii. Ciocnindu-se de nucleele elementelor grele, neutronii sunt respinși, se reflectă și ajung în camera de ionizare. Ciocnindu-se de atomii de hidrogen, care au aceeași masă, și care intră în componența petrolului și a apei, neutronii își încetinesc mișcarea și după 3—5 ciocniri, rămân în rocă. Astfel, dacă sonda trece printr'o rocă care conține apă sau petrol, mișcarea firului electrometrului din camera de ionizare se încetinește.

## 12. ATOMII IN SOLUȚII

Să turnăm într'un pahar de apă o lingură de sare de bucătărie și să amestecăm. Sarea se disolvă în apă ; particulele de sare se repartizează uniform între moleculele de apă, formând un lichid omogen.

Dacă mai adăugăm soluției obținute încă o lingură cu sare și aceasta se disolvă. In 100 grame apă, se pot disolva 35,77 grame sare de bucătărie la temperatura de 20 grade. Dacă, însă acestei soluții i se adaugă încă o doză de sare, ea nu se mai disolvă, oricât am amesteca. Soluția în care nu se mai pot disolva doze noi de substanță, se numește *saturată,* iar numărul de grame de substanță pe care le conțin 100 de grame de soluție saturată, se numește *solubilitate.*

Unele substanțe se disolvă mai mult, altele mai puțin. Zahărul se disolvă foarte mult în apă, sarea de bucătărie mai puțin, iar creta nu se disolvă deloc.

Se schimbă oare cristalele de sare dacă le punem într'o soluție saturată ? La prima privire s'ar părea că nu. Insă, atomii marcați ne spun altceva. Să ne închipuim că unei soluții saturate de sare obișnuită de bucătărie i se adaugă cristale de sare care conțin sodiu radioactiv. După câteva minute, observăm că în soluție au apărut atomi radioactivi de sodiu, care pot fi des-



Scanned with OKEN Scanner

coperiți ușor, separând soluția și punând în ea un contor Geiger-Müller. După câteva zeci de minute, radioactivitatea soluției ajunge la valoarea maximă.

Acest fenomen poate fi explicat numai în felul următor. Moleculele de clorură de sodiu se smulg de pe suprafața cristalului și trec în soluția saturată, însă locul lor este imediat ocupat de alte molecule din soluție. Prin urmare, în soluția saturată are loc o *reînnoire continuă a cristalelor.*

Dacă substanța este relativ solubilă în apă, solubilitatea ei se determină ușor. In acest scop, se prepară o soluție saturată, se cântărește o mică parte din ea, se evaporă apa și se cântăresc cristalele uscate. După aceasta se calculează câtă substanță cuprind 100 de grame de soluție.

Dar cum procedăm dacă substanța este puțin solubilă în apă? Cu balanțele analitice de precizie, moderne, se pot cântări 0,0002 grame, iar cu ajutorul microbalanțelor se pot cântări 0,000002 grame, cu ajutorul unor balanțe speciale, formate dintr'un arc de cuarț, se pot cântări 0,000000001 grame, dar nu mai mult de 0,000000025 grame, iar pentru determinarea solubilității, trebuie cântărită atât substanța cât și vasul, iar vasul cântărește întotdeauna câteva grame. Deaceea, nu se poate determina cu ajutorul balanței solubilitatea substanțelor greu solubile. In astfel de cazuri se folosesc atomii marcați.

Să presupunem că trebuie să determinăm solubilitatea cretei. După cum știm, practic creta nu se dizolvă în apă. Creta este un carbonat de calciu; moleculele de cretă se compun din calciu, carbon și oxigen. Pentru experiență putem lua cretă în care o parte a atomilor de calciu este radioactivă. Determinăm cu ajutorul contorului Geiger-Müller ce cantitate de atomi radioactivi de calciu conține un miligram de cretă. Apoi, preparând pe cale obișnuită o soluție saturată



Scanned with OKEN Scanner

evaporăm o anumită cantitate de soluție și aflăm cu ajutorul contorului Geiger-Müller activitatea restului rămas după evaporare, și prin urmare, numărul de atomi de calciu. Mai departe calculăm cât calciu radioactiv, cât calciu total, și în sfârșit câtă cretă se află în 100 de grame de soluție.

In acest fel s'a determinat solubilitatea multor substanțe greu solubile, care practic se consideră insolubile. Incă în anul 1917, V. I. Spițân a determinat prin metoda atomilor marcați solubilitatea unei serii de compuși ai toriului.

## 13. SUNT OARE STABILE MOLECULELE?

Pe masă se află un praf alb. Acest praf este o sare a acidului carbonic, carbonatul de bariu ($BaCO_3$). In componența sa a fost introdus carbon radioactiv.

Măsurăm mărimea radioactivității cu ajutorul contorului Geiger-Müller și lăsăm carbonatul de bariu pe masă. Observăm că activitatea sării scade treptat. Scăderea are loc ca urmare a desintegrării carbonului radioactiv.

Ce se întâmplă însă cu carbonatul de bariu?

Bioxidul de carbon din aer ($CO_2$) trece în moleculele sării, iar carbonul radioactiv trece treptat în aer:

$$BaC^*O_3 + CO_2 = BaCO_3 + C^*O_2$$

(Cu steluțe s'au notat atomii de carbon radioactivi).

Moleculele de carbonat de bariu sunt deci nestabile; ele se *reînnoiesc* tot timpul, la fel cum se reînnoiește cristalul într'o soluție saturată.

Să examinăm alt exemplu. Iodura de etil ($C_2H_5I$) este un lichid care fierbe la 72°. Iodura de etil poate fi evaporată, și apoi din nou transformată în lichid, fără ca moleculele ei să se schimbe. Disolvăm în alcool iodura de etil care conține iod radioactiv și adăugăm



Scanned with OKEN Scanner

iodură de sodiu (NaI). După ce fierbem câtva timp amestecul şi-l punem într'o farfurie de porţelan, lăsăm să se evapore iodura de etil şi alcoolul. In farfurie rămâne numai iodura de sodiu. Strângem iodura de sodiu rămasă şi cu ajutorul contorului Geiger-Müller măsurăm activitatea ei. Vom observa că sarea a devenit radioactivă. Aceasta înseamnă că iodul radioactiv din iodura de etil a trecut în iodura de sodiu. A avut loc o reacţie de schimb :

$$C_2H_5I^* + NaI \rightleftarrows C_2H_5I + NaI^*$$

In exterior, amestecul nu s'a schimbat, însă *atomii şi-au schimbat locurile.* Astfel atomii se pot schimba în multe substanţe chimice, care deobicei se consideră perfect stabile.

Oare toate moleculele se comportă în mod analog ? Nu. Mulţi atomi şi multe molecule sunt stabile. Astfel, de exemplu, atomii de sulf şi moleculele de acid sulfuric nu-şi schimbă locurile cu atomii de sulf din alte combinaţii ; carbonul din moleculele organice este deasemenea stabil şi nu se schimbă cu carbonul din moleculele altor substanţe.

Cu ajutorul atomilor marcaţi, se poate determina, prin urmare, capacitatea atomilor de a se schimba între ei. De această capacitate depind multe procese în natură, în laborator şi în producţie. Amintiţi-vă de experienţele referitoare la repartizarea fosforului în organism. Această repartizare este în legătură cu schimbul.

## 14. MIŞCAREA ATOMILOR IN GAZE

Staţi într'o cameră, iar în camera vecină s'a vărsat parfum. După un timp foarte scurt, simţiţi mirosul parfumului. Cum se transmite el ?



Scanned with OKEN Scanner

Substanţa parfumată se evaporă, moleculele ei se amestecă cu moleculele de aer care se află în continuă mişcare, se împrăştie în aer şi pătrund treptat în toate colţurile încăperii.

Procesul de pătrundere a unei substanţe într'un volum ocupat de altă substanţă se numeşte *difuzie*. Dacă substanţa are miros sau este colorată, difuzia poate fi urmărită uşor după miros sau după culoare. Este însă greu de urmărit difuzia gazelor fără miros şi fără culoare. In acest caz, se pot folosi atomii marcaţi. Cu ajutorul contorului Geiger-Müller se determină uşor viteza de mişcare a gazului.

Folosind gaze a căror molecule conţin atomi radioactivi, s'a putut urmări mişcarea gazelor vătămătoare în instalaţiile de ventilaţie ale întreprinderilor industriale.

Cu ajutorul gazului radioactiv radon s'a urmărit mişcarea gazelor într'un furnal.

Cu ajutorul atomilor marcaţi se cercetează şi procesul de difuzie în lichide.

## 15. CUM SE COMPORTĂ ATOMII IN CORPURILE SOLIDE?

Şi în corpurile solide atomii se află în continuă mişcare. Se consideră deobicei că ei sunt strâns legaţi de vecinii lor şi execută numai mişcări oscilatorii în jurul unor anumite puncte. Insă, acest lucru nu este decât în parte adevărat. Mişcarea atomilor în corpurile solide nu este limitată numai la oscilaţii.

Dacă două bucăţi dintr'un metal oarecare, de exemplu aur, se pun în contact prin suprafeţele lor netede şi se încălzesc în aşa fel, încât să nu se topească, atunci se observă că atomii de aur dintr'o bucată, trec în cealaltă bucată.

Insă, cum putem constata acest lucru? In acest



Scanned with OKEN Scanner

scop, savanții au bombardat una din bucățile de aur cu neutroni. La un astfel de bombardament, are loc formarea de atomi radioactivi de aur :

$$_{79}\text{Au}^{197} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{79}\text{Au}^{198} + \gamma$$

Aur — Neutron — Aur — Rază gama

Aurul 198 este radioactiv, el se desintegrează emițând electroni. Timpul de înjumătățire al aurului 198 este de 56 ore.

Atomii de aur radioactivi pătrund treptat dintr'o bucată de aur în cealaltă bucată si anume cu atât mai profund, cu cât este mai lung timpul de contact și cu cât încălzirea este mai puternică. Acest lucru se poate urmări, pilind un strat mic de pe o bucată de aur și măsurând radioactivitatea piliturii obținute cu ajutorul unui contor Geiger-Müller.

Prin urmare, și atomii din metale pot difuza ; se obisnuiește să se numească acest proces *autodifuzie*. Insă difuzia în corpurile solide are loc mult mai încet decât în lichide sau în gaze. Pentru studiul difuziei, savantul sovietic Zagrubschi a folosit, pentru prima oară în lume, elemente radioactive artificiale.

## 16. EVAPORAREA SUBSTANȚELOR SOLIDE

Mirosul este instrumentul cel mai fin cu ajutorul căruia se poate descoperi prezența în aer a unor cantități extrem de mici de substanțe mirositoare. Insă, cu ajutorul mirosului nu se poate determina cantitatea de substanță, iar dacă substanța n'are miros, atunci nu se poate detecta nici prezența ei.

Nu numai gazele au miros, ci și lichidele și solidele, de exemplu, benzina, naftalina, etc. Fără îndoială, că perceperea mirosului presupune că o moleculă din substanța mirositoare ajunge în nas, iar



Scanned with OKEN Scanner

de aici rezultă că nu numai substanţele lichide, ci şi corpurile solide se pot evapora.

Evaporarea corpurilor solide se face foarte încet, iar moleculele substanţei solide ajung în aer în cantitate infimă. Capacitatea corpurilor solide de a se evapora, se apreciază după presiunea vaporilor pe care îi formează.

In legătură cu folosirea pe scară largă a elementelor radioactive în diferitele domenii ale ştiinţei şi tehnicii, problema evaporării substanţelor solide a căpătat o mare importanţă. Aceasta din cauză că substanţele radioactive, pătrunzând în organism prin aspiraţie, pot provoca boli grele, chiar în cantităţile cele mai neînsemnate, în urma acţiunii vătămătoare a radiaţiei lor asupra ţesuturilor vii.

Pentru măsurarea presiunii aerului se folosesc barometre, pentru determinarea presiunii unui gaz în vase închise se folosesc manometre. Cu ajutorul acestor aparate nu se poate măsura presiunea vaporilor corpurilor solide, căci ea este foarte mică. Cum se pot determina atunci micile presiuni ale vaporilor?

Ne vin în ajutor atomii radioactivi. Dacă se ia o sare oarecare a elementului radioactiv plutoniu şi se aşează într'un vas cu un orificiu mic (al cărui diametru este egal cu o fracţiune de milimetru), atunci prin orificiu vor trece tot timpul molecule de sare evaporată. Cantitatea de sare care se evaporă în unitatea de timp prin acest orificiu, este cu atât mai mare cu cât este mai mare presiunea vaporilor. Aceste molecule pot fi culese pe o placă răcită cu aer lichid. Vaporii sării de plutoniu se depun pe placa metalică răcită cu aer lichid la — 190°, la fel cum se depun vaporii fierbinţi de apă pe o lingură rece. Este suficient ca pe placă să se depună $10^{-15}$ grame de sare de plutoniu pentruca să se poată determina această cantitate cu ajutorul unui contor Geiger-Müller de cons-



Scanned with OKEN Scanner

trucție modificată, și anume cu ajutorul contorului de particule alfa ; apoi se poate calcula presiunea vaporilor.

In acest fel se poate determina presiunea vaporilor sărurilor elementeler radioactive, precum și a elementelor neradioactive, dacă în acestea din urmă se introduce o cantitate oarecare de izotopi radioactivi.

## 17. STRUCTURA ALIAJELOR

Pentru metalurgiști este foarte important să cunoască viteza de difuzie a diferiților atomi în aliaje, deoarece aliajul își schimbă proprietățile dacă atomii constituienți își schimbă pozițiile lor relative.

Ce este oțelul obișnuit ? Este un aliaj de fier și carbon. Un mic adaus de carbon face ca fierul să fie dur. Atomii de fier și de carbon sunt dispuși în oțel într'o anumită ordine.

Dacă se prepară oțel călit, care conține carbon radioactiv și se aplică suprafața netedă a bucății de oțel pe o placă fotografică învelită în hârtie neagră, pe placă se formează imaginea bucății de oțel. Radiația carbonului radioactiv, provoacă înnegrirea plăcii fotografice, și deaceea, locurile unde se află dispus carbonul radioactiv vor fi indicate de petele întunecate.

Facem acum *revenirea* oțelului, adică îl încălzim, iar apoi îl răcim treptat. In urma acestui fapt el devine mai moale. Repetăm radiografia. Noua radiografie ne va arăta o altă dispoziție a atomilor radioactivi în oțel.

Atomii de carbon se deplasează în bucata de oțel în decursul timpului. Se spune că oțelul *îmbătrânește*, rezistența sa mecanică se schimbă.



Scanned with OKEN Scanner

Deplasarea atomilor în aliaje poate fi ușor urmărită cu ajutorul atomilor marcați. Aceste cercetări sunt foarte importante pentru toate ramurile de industrie care folosesc aliaje.

Aliajele sunt corpuri cristaline. Multe proprietăți ale aliajelor depind de mărimea diferitelor cristale și de modul în care sunt dispuse. Cum se poate pune în evidență structura aliajului ? Cum se poate determina mărimea cristalelor ? Pentru aceasta se folosesc diferite metode. Una dintre ele constă în următoarele : suprafața șlefuită, netedă, a aliajului este supusă acțiunii unui acid. Acidul are o acțiune diferită asupra diferitelor părți ale aliajului. După ce a fost atacată, suprafața aliajului se cercetează cu un microscop și se stabilește dimensiunea diferitelor cristale.

Cu ajutorul atomilor marcați, se poate deasemenea determina structura aliajului. Afară de aceasta, ei permit să se stabilească ce cristale se formează mai întâi din masa topită. Experiența se face în felul următor. O bucată de oțel se așează într'un vas închis, deasupra elementului radioactiv. După o serie de transformări radiotoriul dă naștere la atomi de toriu B cu timpul de înjumătățire de 10,6 ore. Atomii de toriu B se depun pe suprafața oțelului.

Bucata de fier, preparată în acest fel, este topită și apoi lăsată să se răcească. In topita lichidă, încep să se formeze cristalele. Toriul B se separă din masa topită numai după ce solidificarea lingoului e pe sfârșite și se repartizează la limitele cristalelor sau în impurități. Se șlefuiește suprafața metalului și se aplică pe o placă fotografică care se înnegrește în locurile unde se află toriul B.

In acelaș fel se poate cerceta structura celor mai diferite aliaje, cercetând prin radiografie dispoziția și mărimea diferitelor cristale.



Scanned with OKEN Scanner

## 18. ATOMII CONTROLORI

Chimiștii pot determina componența unei substanțe, pot afla ce elemente se găsesc în substanța cercetată și în ce cantitate. Determinarea componenței calitative și cantitative a substanțelor este extrem de importantă pentru fabricarea lor industrială. Necunoscând cât de mare este puritatea chimică a produsului obținut, nu se poate spune dacă corespunde sau nu diferitelor scopuri.

In industrie, se face de multe ori analiza unor aliaje, care conțin aur, platină și iridiu. Insă, separarea acestor trei metale este foarte complicată.

Pentru a verifica una dintre metodele de separare a metalelor, chimiștii au preparat un amestec care conținea cantități dinainte cunoscute de aur, platină și iridiu, iar apoi au făcut separarea lor. S'a dovedit că greutatea aurului separat era mai mare decât cea a aurului introdus în amestec, iar greutățile iridiului și platinei erau mai mici. Se părea că la separare, aurul se impurifică cu iridiu și platină, iar iridiul și platina obținute sunt pure.

Oare așa stau lucrurile? Nu, nu este așa, ne spun atomii marcați. Dacă amestecului celor trei metale i se adaugă atomi de aur radioactiv, și apoi se separă metalele, atunci în iridiu și în platină se găsește aur radioactiv. Acest lucru se constată ușor cu contorul Geiger-Müller.

Cu ajutorul atomilor marcați, chimiștii au verificat multe metode de analiză chimică și de separare industrială a substanțelor.

Academicianul V. G. Hlopin și colaboratorii lui au făcut multe cercetări în acest domeniu.



Scanned with OKEN Scanner

## 19. MARCA OȚELULUI

In fața dumneavoastră se află câteva bare de oțel printre care și unele de oțel-mangan. Se pot oare deosebi acestea, fără a recurge la analiza chimică?

Da, acest lucru este posibil, folosind atomii radioactivi.

Dacă se bombardează aceste piese de probă cu neutroni, atunci atomii elementelor care alcătuiesc oțelul, vor absorbi neutronii, dând naștere unor elemente radioactive. Insă nu toți atomii reacționează la fel de ușor în acest mod. Atomii de mangan reacționează mai ușor decât atomii de fier. Și, cu toate că oțelul conține mai mult fier decât mangan, neutronii vor interacționa tocmai cu atomii de mangan.

Nucleul atomului de mangan captează un neutron și se transformă într'un nucleu radioactiv, cu masa mai mare cu o unitate. Din manganul cu masa 55 se formează izotopul său cu masa 56, care se desintegrează, emițând electroni și raze gama. Timpul de înjumătățire al manganului radioactiv este de 2,6 ore.

Manganul radioactiv se descopere ușor: se apropie contorul Geiger-Müller de suprafața bombardată cu neutroni. Numărul de electroni care intră în contor va fi cu atât mai mare, cu cât s'a format mai mult mangan radioactiv în oțel, iar cantitatea de mangan radioactiv care se formează în aceleași condiții de bombardare, va fi cu atât mai mare, cu cât oțelul conține mai mult mangan. Prin urmare, nu numai că se poate răspunde la întrebarea, care este piesa din oțel — mangan, ci mai mult, se poate chiar determina cantitatea de mangan din oțel. Această metodă este simplă. Cu ajutorul ei se poate determina ușor și rapid compoziția aliajului, fără a distruge piesa.

Am dat aci numai un exemplu de recunoaștere a compoziției unui aliaj prin bombardarea lui cu neu-



Scanned with OKEN Scanner

troni. Cu aceeaşi metodă se poate stabili în ce cantitate sunt conţinute diferite elemente în compuşii cei mai complicaţi. Se poate determina, de exemplu, conţinutul în sulf şi fosfor al hârtiei, conţinutul în carbon al straturilor superficiale ale oţelului, etc... Această metodă a fost numită *analiză prin activare,* (materialul este *activat* cu neutroni sau cu alte particule nucleare).

Analiza prin activare se foloseşte în cazurile când trebuie să se determine cantităţi neînsemnate de impurităţi în metale pure sau în cazurile când trebuie să se stabilească rapid compoziţia unui amestec complex.

## 20. FRECAREA ŞI UNGEREA

Piesele în mişcare ale unei maşini se uzează în timpul lucrului din cauza frecării. Dacă piesele în frecare se ung cu ulei, frecarea şi uzura se micşorează.

Amintiţi-vă de călătoriile pe calea ferată. Un nod de cale ferată. De-a-lungul trenului trece lăcătuşul de revizie şi toarnă ulei în lagăre şi în fiecare lăcaş al roţilor vagoanelor. Mulţi dintre dumneavoastră au văzut ieşind fumul din lagăre care ard. Acest lucru se întâmplă dacă ungerea nu este bună: frecarea creşte, metalul se încălzeşte puternic şi uleiul se aprinde. Fără ulei, metalul se uzează repede, iar piesa îşi pierde rezistenţa mecanică.

Cum se pot descoperi metalele care se uzează cel mai puţin? Cum se găsesc uleiurile care protejează cel mai bine metalul contra uzurii? Metoda atomilor marcaţi pune în mâna cercetătorilor arma necesară.

Pentru încercarea uzurii unui anumit metal, se confecţionează din el o platformă şi un glisor (o bară). In glisor se introduce un izotop radioactiv al metalului iar apoi se mişcă glisorul pe platformă. In timpul



Scanned with OKEN Scanner

mișcării, datorită frecării, atomii metalelor trec de pe o suprafață pe cealaltă. Odată cu atomii neradioactivi, se deplasează și atomii radioactivi și această deplasare se poate urmări studiind suprafața platformei cu ajutorul contorului Geiger-Müller sau prin radiografie. In cazul din urmă, se aplică pe platformă o placă fotografică și expunând-o un anumit timp, se developează. Cu cât a trecut mai mult metal pe platformă, cu atât placa fotografică se înnegrește mai mult. Incercările se fac întâi fără ulei, apoi cu diferite feluri de lubrefianți și la diferite încercări ale glisorului.

Aceste încercări ne pun la îndemână un material extrem de prețios pentru alegerea metalelor și a lubrefianților. Incercările sunt greu de efectuat fără ajutorul atomilor marcați, deoarece la frecare, în condițiile în care se fac încercările, se transferă cantități atât de mici de substanțe, încât prin alte metode detectarea lor ar fi imposibilă.

Cu ajutorul atomilor marcați, se poate încerca nu numai calitatea unei bucăți de oțel sau aliaj, ci și aceea a organelor de mașini gata confecționate.

Astfel, de exemplu, pentru încercarea unui motor de automobil, se montează pe pistonul acestuia un segment executat dintr'un aliaj, care conține cobalt radioactiv. Se pornește motorul. Particulele de metal care se rup de pe segment, ajung în uleiul cu care se unge mașina. Apoi se ia o probă de ulei și introducând în ea un contor Geiger-Müller se determină cantitatea de cobalt radioactiv, care constituie o măsură a uzurii segmenților de piston. Totodată, se poate stabili ce influiență are calitatea combustibilului asupra uzurii segmenților de piston. Dacă combustibilul conține o cantitate mare de sulf, uzura metalelor se mărește simțitor.



Scanned with OKEN Scanner

Metoda descrisă este simplă, rapidă și are perspective mari la încărcarea materialelor și mașinilor.

## 21. DESPRE FIRELE DE MĂTASE

Toți cunosc mătasea artificială. Mulți știu cum se fabrică, însă puțin știu că în mare măsură calitatea mătăsii depinde de un strat foarte fin care se aplică pe fir la obținerea lui ; de acest strat foarte fin depinde uniformitatea stratului de vopsea depus pe fir și calitatea țesăturii. Dacă firul este acoperit cu un strat de substanță cu asperități, atunci vopseaua se așterne neuniform, iar la prelucrare firul se încurcă. Această substanță se numește oleat de sodiu și este o sare de sodiu a acidului oleic.

Uniformitatea acoperirii firului cu oleat de sodiu poate fi controlată cu ajutorul sodiului radioactiv, care se introduce în componența sării. Firul trece lângă un contor Geiger-Müller de construcție specială. Dacă stratul de oleat de sodiu este prea subțire, radioactivitatea va fi mai mică decât mărimea de control ; dacă stratul este mai gros, atunci și radioactivitatea va fi mai mare. Toate acestea le înregistrează contorul Geiger-Müller. El este legat la un dispozitiv special automat, care modifică imediat, în sensul necesar, grosimea stratului aplicat.

## 22. SUPRAFAȚA SUBSTANȚELOR POROASE

Masca de gaze protejează omul contra substanțelor otrăvitoare. In cutia măștii de gaze se află cărbune, care absoarbe gazele otrăvitoare. Cărbunele poate să absoarbă și impuritățile din soluții. Cu cărbune se poate purifica de exemplu, siropul de zahăr. Nu nu-



Scanned with OKEN Scanner

mai cărbunele ci şi multe alte substanţe pot absorbi gazele şi impurităţile din soluţii.

Capacitatea absorbantă a unei substanţe depinde într'o însemnată măsură de mărimea suprafeţei ei. Deaceea, substanţele care se folosesc pentru absorbirea gazelor şi a impurităţilor, se pisează deobicei în grăunţe mărunte. Suprafaţa unui grăunte de cărbune se determină uşor. Insă, în fiecare grăunte poate să existe un număr foarte mare de pori interiori, foarte mărunţi. Cum să se determine suprafaţa lor ?

Savanţii au găsit o metodă de determinare a suprafeţei cu ajutorul elementelor radioactive.

Să ne închipuim că am obţinut o substanţă oarecare poroasă, în componenţa căreia s'a introdus o cantitate infimă de radiu. In această substanţă atomii de radiu sunt repartizaţi uniform.

La desintegrarea radiului, se degajă gazul radioactiv radon. Dacă atomii de radiu se află pe suprafaţa porilor, radonul se degajă în aer, dacă atomii de radiu sunt în interiorul substanţei, atunci radonul rămâne în substanţă. Este clar că cantitatea de radon degajat în unitatea de timp, este cu atât mai mare, cu cât suprafaţa tuturor porilor este şi ea mai mare. Cantitatea de radon se poate determina cu ajutorul unui electrometru, introducând gazul care conţine radon într'o cameră de ionizare.

## 23. PURIFICAREA APELOR DE SCURGERE

In multe industrii apele de scurgere, înainte de a fi scurse în reţeaua de canalizare, se desintoxică prin filtrare. Filtre speciale absorb substanţele toxice. Cu timpul filtrele se satură şi încetează de a mai absorbi substanţele toxice. In acest caz, ele trebuiesc înlocuite, trecând apele de canalizare prin filtre de rezervă.



Scanned with OKEN Scanner

Funcţionarea filtrelor poate fi controlată cu ajutorul atomilor radioactivi. In acest scop se introduce în apele de scurgere o mică cantitate de substanţă toxică care urmează a fi absorbită şi care conţine atomi radioactivi. Când se dă drumul lichidului în canal, se montează dincolo de filtre un contor Geiger-Müller, care este legat la un aparat, care îndreaptă curentul de lichid dintr'o conductă în alta. Dacă prin filtru încep să treacă substanţe toxice, atunci contorul marchează prezenţa atomilor radioactivi în apa de scurgere şi pune în funcţiune automatul care schimbă conducta.

## INCHEIERE

Citind această carte, cititorul a făcut cunoştinţă cu fenomenul radioactivităţii şi cu un mic număr de exemple de aplicaţii ale elementelor radioactive în cercetările ştiinţifice.

Atomii marcaţi permit biologilor şi medicilor să cerceteze profund procesele care au loc în organismele vii şi să găsească mai repede metodele noi de vindecare a bolilor.

Cu ajutorul atomilor marcaţi, chimiştii pot să studieze mecanismele diferitelor reacţii chimice, să urmărească cum decurg diferite procese industriale, să verifice metodele de analiză chimică a diferitelor substanţe. Geologii pot folosi atomii marcaţi pentru determinarea vârstei rocilor şi pentru cercetarea minereurilor.

Domeniul de utilizare a atomilor marcaţi creşte pe an ce trece ; elementele radioactive devin un mijloc de cercetare de largă aplicaţie.

Savanţii sovietici au adus un mare aport la ştiinţa radioactivităţii şi la elaborarea metodelor de folosire a atomilor marcaţi.



Scanned with OKEN Scanner

Nu se pot oare marca atomii altfel decât cum se descrie în această carte? Da, se poate. Savanții au găsit pentru o serie întreagă de elemente, mijloacele de a separa anumiți izotopi neradioactivi, de exemplu „hidrogenul greu" — un izotop al hidrogenului, de masă 2, azotul de masă 15, carbonul de masă 13, oxigenul de masă 18, etc. Substanțele care conțin acești izotopi în număr mare se deosebesc de substanțele naturale. Astfel, de exemplu, apa care conține hidrogen greu nu fierbe la $100^0$, ci la $101{,}42^0$, nu înghiață la $0^0$, ci la $3{,}8^0$; greutatea specifică a „apei grele" la $4^0$ nu este egală cu 1, ci cu 1,11.

Proprietățile distinctive ale substanțelor care conțin astfel de izotopi permit savanților să studieze multe fenomene. Izotopii neradioactivi „marcați" sunt folosiți și ei de savanții sovietici.

# TABLA DE MATERIE


| | Pag. |
|---|---|
| Introducere . . . . . | 5 |
| I. Atomul . . . . . | 6 |
| II. Elementele radioactive naturale . . . . | 19 |
| III. Elementele artificiale . . . . . | 28 |
| IV. Atomii radioactivi-atomi marcați . . . | 41 |
| Incheiere . . . . . | 77 |



*Redactor de carte: A. Moscovici. Tehnoredactor: V. Iliescu. Corector: E. Vescu*

Dat la cules 25.VII.1953. Bun de tipar 6.VIII.1953. Tiraj 25.000+100 ex. Hârtie tipar 36,4 gr./mp. ft. 70×100/32. Coli editoriale 3,49. Coli tipar 2,625. Prețul unui exemplar lei 0,96. Comanda 129. A. 02644. Pentru bibliotecile mici indicele de clasificare 53. Pentru bibliotecile mari indicele de clasificare 539.1.

*Tiparul executat la tipografia Arlus. Str. Rahovei 101 București R. P. R.*